# FÎZÎK

# AMADEYÎ

# 3

# NAVEROK


BEŞA YEKEM ........................................ 7

TEVGERA AHENGDAR A XWERÛ .................. 8

LERIZÎNÊN SAYINÎ YÊN BAZINÎ PENDOLA ALANDÎ YA NELERIZOK ................................. 27

LERIZÎNÊN NEAHENGDAR PENDOLA GIRANIYÎ YA NELERIZOK ............................. 35

MÎKANÎKA RONÊN BITEVGER ...................... 49

RÊJEYA TAYBET ............................................ 62

BEŞA DUYEM ........................................ 75

ARANDINA ELEKTROMEGNETÎZÎ .............. 76

HERIKÎNA GUHERBAR .................................. 99

GUHÊREKA ELEKTIRÎKÎ .............................. 132

BEŞA SÊYEM ........................................ 144

LÊKOLÎNA ASTROFÎZÎK ............................... 145

6

# BEŞA YEKEM

# TEVGER Û TEVGERANDIN

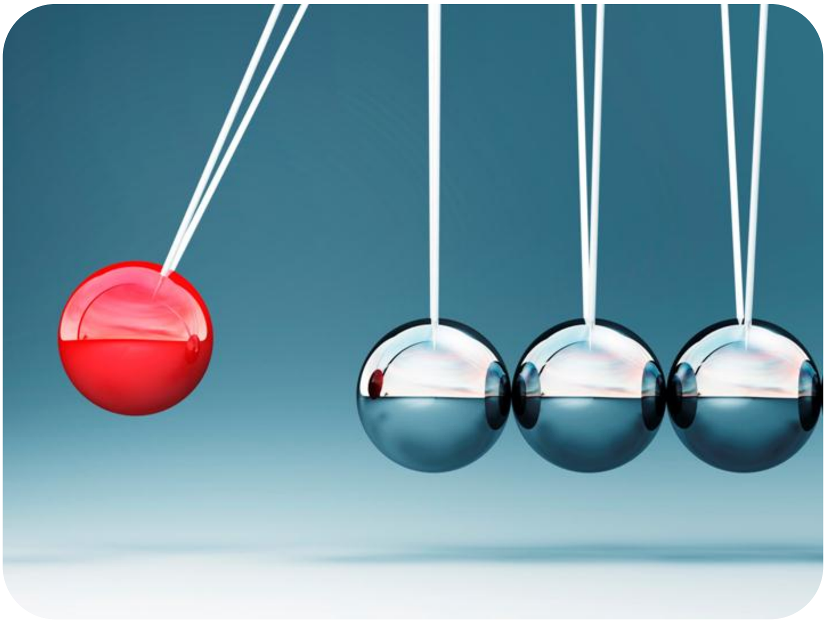
**Waneya Yekem: Tevgera Ahengdar A Xwerû**

**Waneya Duyem: Lerizînên Zivirînê**

**Waneya Sêyem: Lerizînên Neahengdar**

**Waneya Çarem: Mîkanîka Ronên Bitevger**

**Waneya Pêncem: Rêjeyiya Taybet**



# WANE 1

## TEVGERA AHENGDAR A XWERÛ

Tu di rûniştekê de di basê de rûdine, piştî vêxistina motorê basê tu hest dike ku rûniştek lerizînên sivik an jî xurt (li gorî nûbûna basê) dilerize û di dema vêxistina hin alavên elektirîkî de lerizîn çêdibe, carinan wekî deng çêdibe û carinine din dîtina hinek parçeyên alavê dilerize û tê zanîn ku deng ji lerizîna gewdeyan çêdibe, mînakên herî xuya perdeyên keman an ûdê ne.

Weke tê dîtin, tevgerên bilerizîn di xwezayê de pir in û di çalakiyên rojane de yên cur bi cur de hene.

Di vê beşê de, hûn ê hêsantirîn cureyên lerizînan nas bikin û yek ji wan tevgera ahengdar e.

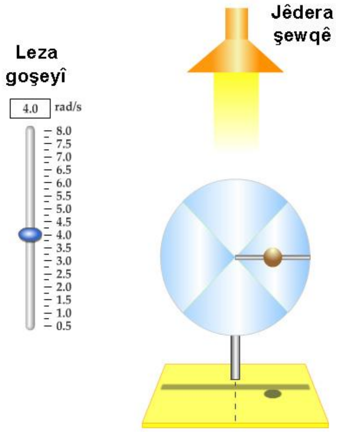
Gelek alav di karê xwe de pêkanîna hinek bingehên fîzîkî bi kar tînin weke tevgera ahengdar a xwerû.

## Li teşeyên jêr binêrin, hûn çi dibînin?

**1)** Teşeya li jêr tevgera tirênê diyar dike:

- Teşeya rêgeha tevgerê li cem xala **B** çi ye?
- Teşeya rêgeha tevgerê li cem xala **A** ji zenda tevgerandinê çi ye?
- Bi heman alî ye yan jî bi du aliyan e?

**2)** Teşeya li jêr çalakiya zivirandina girovereke diyar dike:




Gogeke biçûk li derdora tewareyekê, nêzî derdora girovereke ku bê zivirandin bi cih bikin weke di teşeyê de diyarkirî ye:

ji bo dîmena gogê di teqaleyeke tîkî de çêbib, gurzeke şewqê bidin li ser gogê bi awayekî asoyî û bi riya motoreke elektirîkî giroverê bi lezeke goşeyî û xwecih bizivirînin. Paşê tevgera dîmena gogê li ser teqaleya tîkî diyar bikin.

Tevgera dîmenê bi tevgera gewdeyeke bi zimberekeke tîk ve daliqandî, hevrû bikin.

## Encam:

Tevgera dîmenê, tevgereke lerizînî ye li her du aliyên xaleke xwecih e ku bi navê navenda lerizînê tê naskirin.

**3)** Gogeke hesinî bê leza destpêkê li qiraxa qabeke bazinî hilû û rûçal bihêlin, weke di teşeyê de diyarkirî ye:

- Gog li gorî xala $\mathrm{A}$ bi aliyekî tenê tevger dike yan na?
- Xala $\mathrm{A}$ li gorî tevgera gogê çi nîşan dike?
- Dema gog tevgerê dike, xwecih e yan na?
- Di ku derê de leza gogê tune be ango dibe sifir?

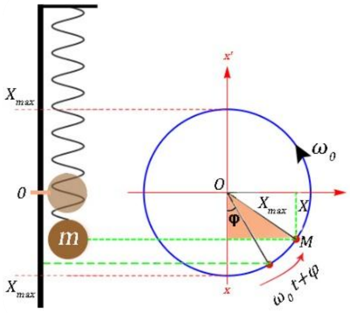
## Encam:

**Tevgera lerizînî:** Tevgera gewdeyeke ku li her du aliyên xaleke xwecih ku bi navê navenda lerizînê yan jî bi navenda hevsengiyê tê naskirin, dilerize.

Diyartirîn mînak li ser tevgera ahengdar a xwerû ev e: Tevgera lerizîna gewdeyekî hişk ê ku bi zimberekeke nerim ve daliqandî ye, li gorî ku çemberên wê jev dûr in, Ew jî bi navê pendola nerim tê naskirin.

### Têkiliya di navbera tevgera bazinî ya birêkûpêk û tevgera ahengdar a xwerû (Nimûneya Fresnel (Frînêl)):

Di teşeya diyarkirî de, xaleke heyberî $\mathbf{M}$ bi tevgereke bazinî ya birêkûpêk dizivire ku leza wê ya goşeyî $\boldsymbol{\omega_0}$ be û tîra wê ya destpêkê (tîra nîveşkêlê) $\overrightarrow{OM}$ be ku dirêjahiya wê $X_{max}$ be:



1. Navê goşeya ku $\overrightarrow{OM}$ bi tewareya $\overrightarrow{xx'}$ re çêdike di kêliya $t = 0$ de, çi ye?
2. Navê goşeya ku $\overrightarrow{OM}$ bi tewareya $\overrightarrow{xx'}$ re çêdike di kêliya $\boldsymbol{t}$ de, çi ye?
3. Dirêjahiya êxistina tîra $\overrightarrow{OM}$ xwecih e yan jî tê guherîn?
4. Gelo di dema zivirandinê de, êxistina tîra $\overrightarrow{OM}$ li ser tewareya $xx'$ tê guherîn?
5. Têkiliya $\cos(\omega_0\, t + \bar{\varphi})$ bi rêya $x$ û $X_{max}$ binivîsin.

## Encam:

1. Qonaxa destpêkê ya tevgera $\bar{\varphi}$ ew goşeya di navbera tîra $\overrightarrow{OM}$ û tewareya $\overrightarrow{xx'}$ de di kêliya $t = 0$ de ye.
2. Qonaxa tevgera $(\omega_0\, t + \bar{\varphi})$ ew goşeya di navbera tîra $\overrightarrow{OM}$ û tewareya $\overrightarrow{xx'}$ de di kêliya $t$ de ye.
3. Firehiya tevgera $\boldsymbol{X_{max}}$ ew dirêjahiya tîra $\overrightarrow{OM}$ ya di dema zivirandinê de xwecih e.
4. Lêdana taybet bi tevgera $\boldsymbol{\omega_0}$ beramberî leza goşeyî ya xwecih a ku xala $\boldsymbol{M}$ pê dizivire.
5. Tewil $\bar{x}$ ew êxistina tîra $\overrightarrow{OM}$ li ser tewareya $\overrightarrow{xx'}$ ye û bi guherîna demê re tê guherîn.
6. Rêjeya di navbera tewilê û mezintirîn labirin jê re bi vê têkiliyê pêk tîne:

$$\cos(\omega_0\, t + \bar{\varphi}) = \frac{\bar{x}}{X_{max}}$$

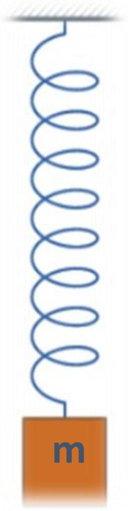
7. Hevkêşeya giştî ya tevgera ahengdar a xwerû, fonkisyoneke sayinî ye û bi vî awayî ye:

$$\bar{x} = X_{max}\ .\cos(\omega_0\, t + \bar{\varphi})$$

**Ji ber vê yekê tevger bi navê tevgera sayinî ya vekişînî (ahengdar a xwerû) tê naskirin.**

## Pendola nerim:

**Çalakî:**



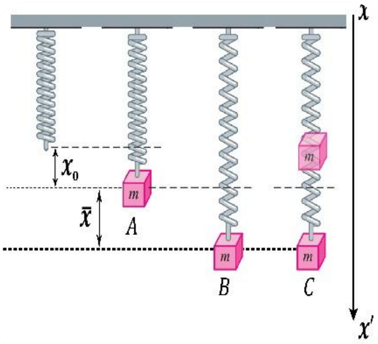

1. Gewdeyeke ku senga wê $\boldsymbol{m}$ be, bi zimberekeke nerim ve daliqîn ku senga zimberekê piştguhkirî be û çemberên wê jev dûr bin û xweciha hişkbûna wê $\boldsymbol{k}$ be, hûn çi bibînin?
2. Hêzên li gewdeyê bandorê dikin piştî hevsengiya wê, nîşan bikin.

**Encam:**

a- Vezilandina zemberekê bi qasiyeke destnîşankirî ta ku hevsengî çêbibe, bibînin.

b- Hêzên li gewdeyê bandorê dikin:

- Giraniya gewdeyê: $\vec{W} = m\,.\vec{g} = 0$
- Hêza potensiyela zemberekê: $\vec{F}s$




3. Gogê dirêjahiyeke guncaw (Di hundirê sînorên nerimbûna zimberekê de) ber bi jêr ve bikşînin bê ku hûn wê berdin û hêzên ku di wê demê de li gogê bandar dikin nîşan bikin.
4. Hêza potensiyela zimberekê di rewşa **A** de û hêza potensiyela zimberekê di rewşa **B** de hevrû bikin.
5. Bihêlin ku gog tevgerê bike (rewşa **C**) û teşeya rêgeha tevgera wê bibînin.
6. Xwezaya tevgera gogê dema ku nêzî navenda lerizînê dibe, çi ye? Û dema dûrî wê bibe, çi ye?
7. Cihên ku lez tê de dibe sifir, nîşan bikin.

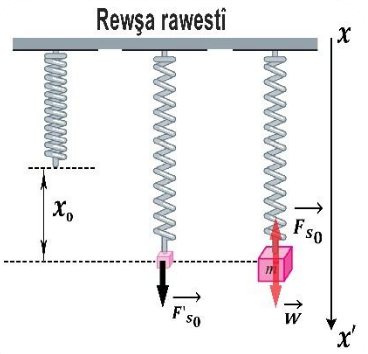
## Rewşên hêza vegerandinê:

### 1. Rewşa rawestî:

Zimberek piştî daliqandina gewdeyekî pê ve bi qasî $\boldsymbol{x_0}$ vedizile û gewde bi bandoriya du hêzan hevseng dibe:

Hêza giraniyê: $\vec{\boldsymbol{w}}$

Hêza potensiyela zimberekê: $\vec{\boldsymbol{F}}\boldsymbol{s}$




ji ber ku gewde rawestî ye, wê demê:

$$\sum \vec{F} = 0 \implies \vec{W} + \vec{F}s = 0$$

Bi êxistina li ser tewareyeke tîkî ber bi jêr ve:

$$W - F_s = 0 \implies W = F_s$$

Hêza $\vec{F'}s$ bandoriyê li ser zimberekê dike û bi qasî $x_0$ wê vedizlîne:

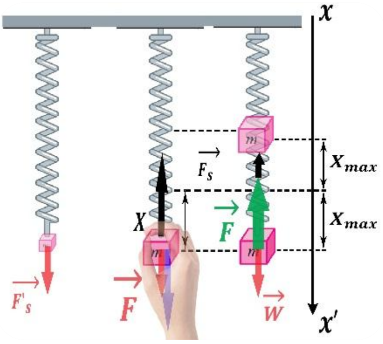
$$F_S = F'_S = k \, . \, x_0$$

Bicihbûna $W$ di têkiliya bûrî:

$$W = k \, . x_0$$

Qasiya $x_0$ bi navê vezilandina rawestiyî tê naskirin.

## 2. Rewşa tevgerê:




Hêzên derveyî yên di navenda bêliviya gewdeyê bandor dike ev in:

**a)** Hêza potensiyela zimberekê: $F_S$

**b)** Hêza giraniyê: $\vec{W}$

Bi pêkanîna zagona Newton a duyem:

$$\sum \vec{F} = \mathrm{m}\,.\,\vec{a}$$

$$\vec{W} + \vec{F}s = \mathrm{m}\,.\,\vec{a}$$

Bi êxistina li ser tewareyeke tîkî ber bi jêr ve:

$$W - Fs = \mathrm{m}\,.\,a$$

Hêza $\vec{\boldsymbol{F'}}\boldsymbol{s}$ bandoriyê li zimberekê dike û bi qasî $\bar{\boldsymbol{x}} + \boldsymbol{x_0}$ wê vedizilîne:

$$F_S = F'_S = k(\,\bar{x} + x_0)$$

Bicihbûna têkiliya bûrî di $\boldsymbol{W - Fs = \mathrm{m}\,.\,a}$ de:

$$W - k(\,\bar{x} + x_0) \;\; = \mathrm{m}\,.\,\bar{a}$$

$$W - k\,\bar{x} - Kx_0 \;\; = \mathrm{m}\,.\,\bar{a}$$

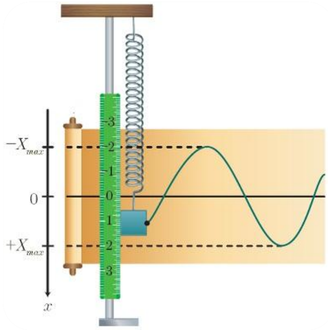
Lê:

$$W = F_S = k.x_0 \;\Rightarrow -k\,.\,\bar{x} \;\; = \mathrm{m}\,.\,\bar{a} = \bar{F} \Rightarrow \bar{F} = -k.\bar{x}$$

## Encam:

Encama hêzên derveyî yên ku di navenda bêliviya gewdeyê di her kêliyê de bandor dikin, ew hêza vegerandinê ye, ji ber ku gewdeyê her tim vedigerîne navenda lerizînê û bi tewilê $\bar{\boldsymbol{x}}$ re di nav rêjedariyeke rast de ye û di hêmayê de dijberî hev in.

## 1- Encamgirtina xwezaya tevgera pendola nerim:




Tewila tevgera gewdeyê (zêdebûn û kêmbûn) bi derbasbûna demê re tê guherîn, gewde di navbera du cihên sîmetrîk de li gorî navenda lerizînê tevger dike, li gorî vê xwezaya vê tevgerê çi ye?

Serencama hêzêzn derveyî ya ku navenda bêliviya gewdeyê dikeve bin bandoriyê wê de bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\bar{F} = \mathrm{m}\,.\,\bar{a} = -k\,.\,\bar{x}$$

$$\bar{a} = -\frac{k}{\mathrm{m}}.\bar{x}$$

$$(\bar{x})''_t = -\frac{k}{\mathrm{m}}.\bar{x} \ldots\ldots (1)$$

Hevkêşeyeke ciyakariyî ye ji pêpilka duyem e:

$$\bar{x} = X_{max}\ cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \ldots\ldots (2)$$

Ji bo saxkolîna rastiya çareyê, fonkisyona tewilê du caran li gorî demê bidarşînin:

$$(\bar{x})'_t = v = -\omega_0\ X_{max}\, sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$(\bar{x})''_t = a = -\,\omega_0^2\ X_{max}\, cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$(\bar{x})''_t = -\,\omega_0^2\ \bar{x} \quad \ldots\ldots (3)$$

Bi hevrûkirina di navbera her du têkiliyên (1) û (2) de, tê xuyakirin ku dama leza goşeyî bi xweciha hişkbûna zimberekê re di nav rêjedariyeke rast de ye û bi senga gewdeyê re di nav rêjedariyeke vajî de ye, li gorî têkiliya li jêr:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{\mathrm{m}} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{\mathrm{m}}}$$

Nirxê leza goşeyî pozîtîv e û ji ber ku $\boldsymbol{m}$ û $\boldsymbol{k}$ her tim pozîtîv in ev yek gengaz e.

## Encam:

Tevgera pendola nerim, tevgereke sayinî ya vekişînî ye (lerizoka ahengdar a xwerû ye).

Awayê giştî ji fonkisyona demî ji tewilê re bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\bar{x} = X_{max}\ cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$\bar{x}$: Tewil (Amplitude) di kêliya $\boldsymbol{t}$ de ye û bi mena metreyê $\boldsymbol{m}$ tê pîvan.

$X_{max}$: Firehiya tevgerê ye û bi mena metreyê $\boldsymbol{m}$ tê pîvan.

$\boldsymbol{\omega_0}$: Lêdana tevgerê ye (leza goşeyî ji gewdeyê re) û bi mena radyan $\boldsymbol{rad}$ tê pîvan.

$(\boldsymbol{\omega_0 t} + \boldsymbol{\bar{\varphi}})$: Qonaxa destpêkê di kêliya $\boldsymbol{t}$ de ye.

$\boldsymbol{\bar{\varphi}}$: Qonaxa destpêkê di kêliya $\boldsymbol{t = 0}$ de û bi mena radyan $\boldsymbol{rad}$ tê pîvan. Em ji $\boldsymbol{\omega_0}$ , $X_{max}$ , $\boldsymbol{\bar{\varphi}}$ re dibêjin xwecihên tevgerê.

### 2- Encamgirtina têkiliya dewira taybet ji pendola nerim re:

Di lêkolîna xwezaya tevgera pendola nerim de, leza goşeyî ji gewdeyê re vê têkiliyê pêk tîne:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{\text{m}}}$$

Ji ber ku: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

Bi hevrûkirina her du têkiliyan:

$$\boldsymbol{\frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{\text{m}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\text{m}}{k}}}$$

Ew têkiliya dewira taybet bi pendola nerim a nelerizok e û ji vê têkiliyê encam tê girtin ku dewir $\boldsymbol{T_0}$:

**a)** Bi firehiya lerizînê $\boldsymbol{X_{max}}$ ve nayê girêdan.
**b)** Bi kokdama senga gewdeyê $\boldsymbol{m}$ re di nav rêjedariyeke rast de ye.
**c)** Bi kokdama xweciha hişkbûna zimberekê $\boldsymbol{k}$ re di nav rêjedariyeke vajî de ye.

## 3- Fonkisyonên tevgera pendola nerim:

**1. Fonkisyona tewilê (amplitude):** Awayê giştî ji fonkisyona demî ji tewilê re bi vî awayî ye:

$$\boldsymbol{\bar{x} = X_{max}\ cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})}$$

Heger gewde di mezintirîn tewila xwe ya pozîtîv de be, di kêliya $\boldsymbol{t = 0}$ de, li gorî vî tiştî hûn texmîn dikin ku awayê fonkisyonê çawa be?

**Danan:** $\boldsymbol{\bar{x}} = +X_{max}$ di kêliya $t = 0$ de.

Van nirxan di hevkêşeya awayî giştî de bi cih bikin:

$$\bar{x} = X_{max} \cos(\,0 + \bar{\varphi}) \implies \bar{x} = X_{max}\ \cos(\bar{\varphi})$$

$$\bar{\varphi} = 0 \text{ rad} \quad ، \quad \cos(\bar{\varphi}) = 1$$

Awayekî nû ji fonkisyonê re çêdibe li gorî vê têkiliyê:

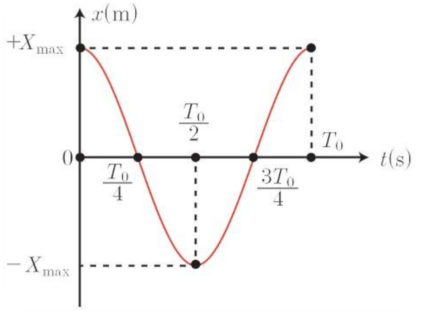
$$\bar{x} = X_{max}\ \cos(\omega_0 t)$$

$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ di têkiliya bûrî de bi cih bînin:

$$\bar{x} = X_{max}\ \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\ t\right)$$

## Rahênaneke çarekirî:

1. Girafîka guherînên tewilê bi riya demê di dewireke tam de xêz bikin.
2. Cihên ku tewil tê de mezintirîn nirx û nirxê sifir dibe, nîşan bikin.




## Çare:

1. Girafîka wê weke ya di teşe de diyarkirî ye.
2. Tewil di her du aliyan de maksîmom e: $\bar{x} = |\pm X_{max}|$
   Lê tewil di navenda lerizînê de sifir e: $x = 0$
   Di tabloya li jêr de nirxên cuda ji tewila $x$ re li gorî demê $t$ diyar dibe:

| $t$ | $0$ | $\frac{T_0}{4}$ | $\frac{T_0}{2}$ | $\frac{3T_0}{4}$ | $T_0$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $x$ | $+X_{max}$ | $0$ | $-X_{max}$ | $0$ | $+X_{max}$ |

**2. Fonkisyona lezê:** Fonkisyona lezê, daraştiya yekem ji fonkisyona tewila $\bar{x}$ re li gorî demê ***t*** ye, li gorî têkiliya:

$$v = (\bar{x})'_t$$

Awayê giştî ji fonkisyona tewilê re bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\bar{x} = X_{max}\ \cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

Bi daraştina wê, fonkisyona lezê li gorî vê têkiliyê tê bidestxistin:

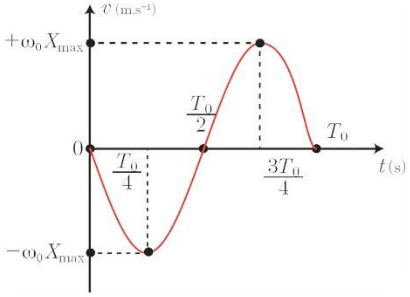
$$\bar{v} = -\omega_0\, X_{max}\ sin(\omega_0\, t)$$

$$\bar{v} = -\omega_0\, X_{max}\ sin\left(\frac{2\pi}{T_0}\ t\right)$$

## Rahênaneke çarekirî:

1. Girafîka guherînên lezê bi riya demê di dewireke tam de xêz bikin.

2. Cihên ku lez tê de mezintirîn nirx û nirxê sifir dibe, nîşan bikin.




## Çare:

1. Girafîka wê weke ya di teşe de diyarkirî ye.
2. Lez di navenda lerizînê de maksîmom e: $\bar{v} = | \pm X_{max}|$
   Lê di her du aliyan de lez dibe sifir: $\boldsymbol{\bar{v} = 0}$, di vê tabloyê de nirxên cuda ji lezê $\boldsymbol{v}$ re li gorî demê $\boldsymbol{t}$ diyar dibe:

| $\boldsymbol{t(s)}$ | $\mathbf{0}$ | $\boldsymbol{\frac{T_0}{4}}$ | $\boldsymbol{\frac{T_0}{2}}$ | $\boldsymbol{\frac{3T_0}{4}}$ | $\boldsymbol{T_0}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{v(m.s^{-1})}$ | 0 | $-\omega_0\ X_{max}$ | 0 | $+\omega_0\ X_{max}$ | 0 |

**3. Fonkisyona lezînê:** Ew daraştiya yekem a fonkisyona lezê li gorî demê ye û daraştiya duyem ji fonkisyona tewilê li gorî demê ye.

$$\bar{a} = (\bar{v})'_t \qquad yan\ j\hat{\imath} \qquad \bar{a} = (\bar{x})''_t$$

Piştî pêkanîna bikaranîna daraştinê, fonkisyona lezînê bi riya tewilê li gorî vê têkiliyê tê bidestxistin:

$$\bar{a} = -\omega_0^2\ X_{max}\ cos(\omega_0\ t)$$

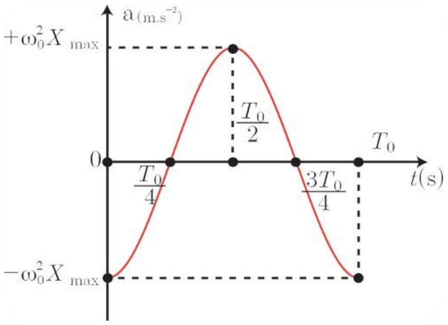
Nirxê fonkisyona tewilê $\bar{x} = X_{max}\ \cos(\omega_0 t)$ di têkiliya bûrî de bi cih bikin.

Awayê dawî ji fonkisyona lezînê re wiha ye:

$$\bar{a} = -\omega_0^2\ \bar{x} \implies \bar{a} = -\omega_0^2\, X_{max}\, cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\ t\right)$$

## Rahênaneke çarekirî:

1. Girafîka guherînên lezînê bi riya demê di dewireke tam de xêz bikin
2. Cihên ku lezînê tê de mezintirîn nirx û nirxê sifir dibe, nîşan bikin.
3. Dema tevgera gewdeyê nirxê lezînê tê guherîn an na?




## Çare:

1. Girafîka wê weke ya di teşe de diyarkirî ye.
2. Lezîn di her du aliyan de maksîmom e (dirêjahî):

$$a_{max} = |\pm\, \omega_0^2\, X_{max}|$$

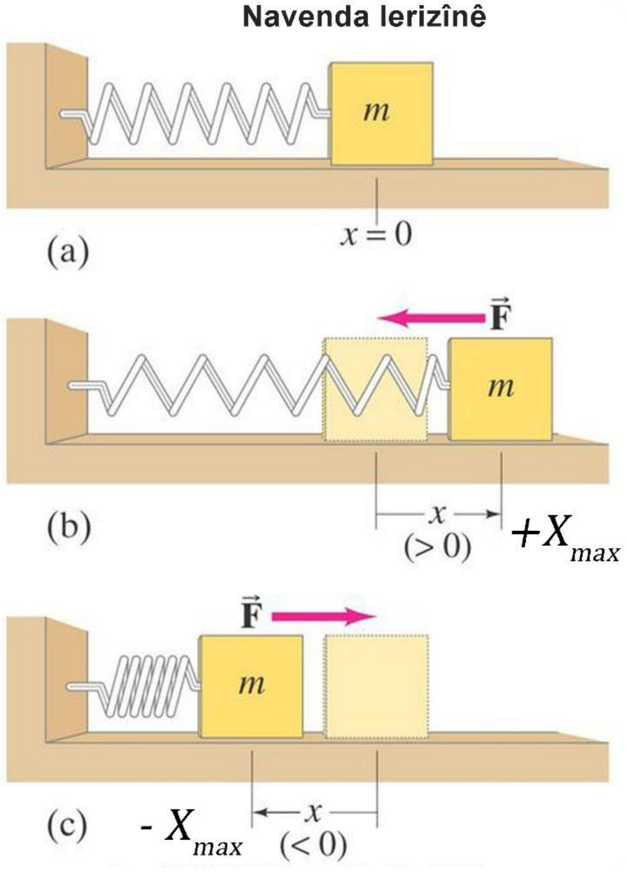
Lê di navenda lerizînê de dibe sifir: $a = 0$

Di tabloyê de, guherînên lezînê li gorî demê diyar dibe:

| $t$ | 0 | $\frac{T_0}{4}$ | $\frac{T_0}{2}$ | $\frac{3T_0}{4}$ | $T_0$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ | 0 | 0 | $+a_{max}$ | 0 | $-a_{max}$ |

3. Nirxê lezînê ne xwecih e, bi guherîna demê re tê guherîn.

## 4- Enerjî di tevgera ahengdar a xwerû de:




Enerjiya mîkanîkî ji pendola nerim re, komkirina her du enerjiyên potansiyel û tevgerî ye:

$$E_{TOT} = E_p + E_k \dots\dots(\mathbf{1})$$

- Enerjiya potansiyelê ya nerimbûnê ji pendolan re:

$$E_p = \frac{1}{2} k\, x^2 \dots\dots(\mathbf{2})$$

Fonkisyona tewilê di têkiliya (2) de bi cih bînin:

$$E_p = \frac{1}{2} k . \mathrm{X^2}_{\mathrm{max}}\ \cos^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi}) \dots\dots(\mathbf{3})$$

- Enerjiya tevgerî ji gewdeyê re:

$$E_k = \frac{1}{2} m\, v^2 \ldots\ldots (\mathbf{4})$$

Fonkisyona lezê di têkiliya (4) de bi cih bînin:

$$E_k = \frac{1}{2} m\, \omega^2{}_0\, \mathrm{X}^2{}_{\max}\ \sin^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi}) \ldots\ldots (\mathbf{5})$$

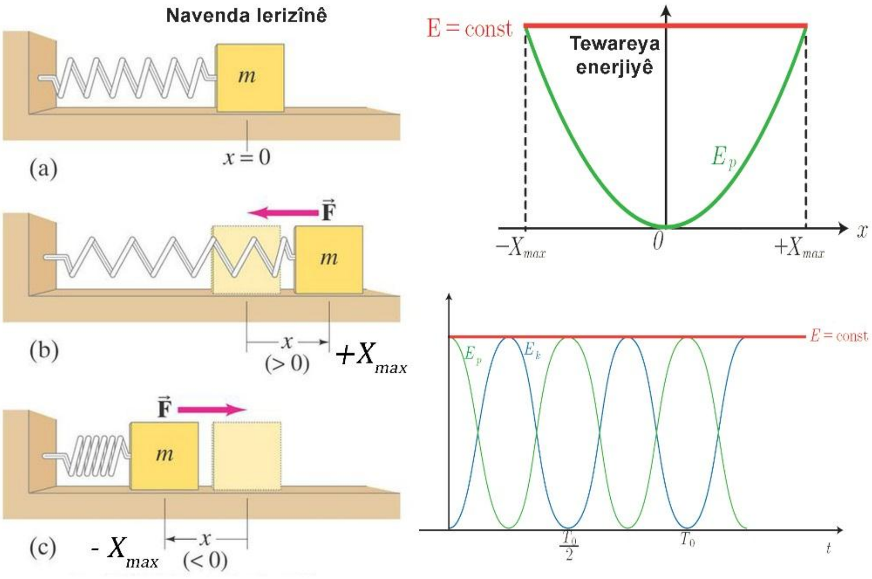
Her du têkiliyên (3) û (5) di têkiliya (1) de bi cih bînin:

$$E_{TOT} = \frac{1}{2} k\, \mathrm{X}^2{}_{\max} \cos^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi}) + \frac{1}{2} m\, \omega^2{}_0\, \mathrm{X}^2{}_{\max} \sin^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi})$$

**Li gorî ku:** $m\, \omega^2 = k$

$$E_{TOT} = \frac{1}{2} k\, \mathrm{X}^2{}_{\max} \cos^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi}) + \frac{1}{2} k\, \mathrm{X}^2{}_{\max} \sin^2(\omega_0 \mathrm{t} + \overline{\varphi})$$

$$E_{TOT} = \frac{1}{2} k\, \mathrm{X}^2{}_{\max} = const$$

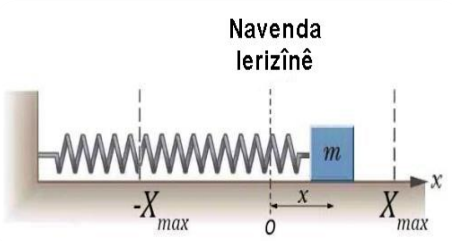



## Çalakî:

Li gorî girafîka bûrî, di hundirê tabloyekê de cihên ku tê de her du enerjî maksîmom û sifir be, nîşan bikin.

## Rahênana çarekirî:

Di teşeyê de pendoleke nerim û asoyî heye, ji gewdeyekî û zimberekeke nirim pêk tê ku hevkêşeya wê ya demî wiha ye: $\boldsymbol{x = 0.1\ \cos(\pi\, t - \pi)}$




1. Xwecihên tevgerê ji vê pendolê re, nîşan bikin.

2.Dewira wê bipîvin.

## Çare:

1. Fonkisyona demî ji pendola nerim re:

$$\bar{x} = X_{max}\ \cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \dots\dots (\mathbf{1})$$

$$x = 0.1\ \cos(\pi\, t - \pi) \dots\dots (\mathbf{2})$$

Bi hevrûkirina di navbera her du têkiliyên **(1)** û **(2)** de:

Tewila maksîmom jê re: $X_{max} = 0.1\ m$

Lêdan (beat): $\omega_0 = \pi\ \ rad/s$

Qonaxa destpêkê ji tevgerê re (Di kêliya $\boldsymbol{t = 0}$ de):

$$\varphi = -\pi\ \ rad$$

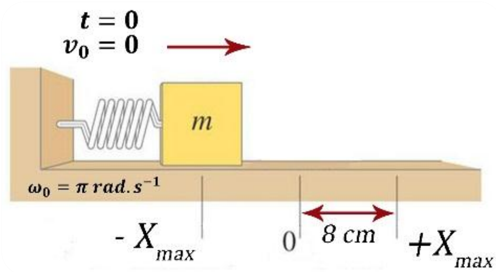
2. Pîvan dewira taybet:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \Longrightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \Longrightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\pi} = 2\ s$$

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

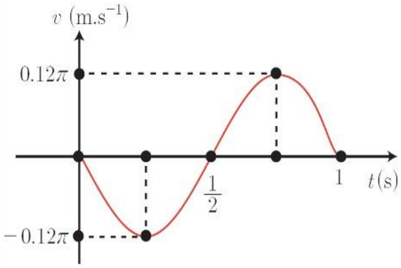
**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

**1.** Li gorî vê teşeyê, fonkisyona tewilê ya ku tevgera lerizoka ***cos*** nîşan dide ev e:



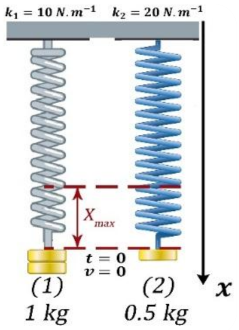

**a)** $x = 0.08\ \cos(\pi\, t + \pi)$
**b)** $x = 8\ \cos(\pi\, t - \pi)$
**c)** $x = 0.008\ \cos(\pi\, t + \frac{\pi}{2})$
**d)** $x = 0.8\ \cos(\pi\, t)$

**2.** Ev girafîk guherînên lezê bi demê re ji bo gewdeyeke bi zimberekeke nerim ve daliqandî nîşan dide, li gorî ku ew gewde bi tevgereke ahengdar a xwerû tev digere, wê demê fonkisyona demî ji lezê re ev e:




**a)** $v = 0.06\,\pi\ \cos(\pi\, t)$
**b)** $v = -0.06\,\pi\ \cos(2\pi\, t)$
**c)** $v = -0.12\,\pi\ \sin(2\pi\, t)$
**d)** $v = 0.12\,\pi\ \sin(\pi\, t)$

**3.** Ev teşe du gewdeyên ku tevgera wan ahengdar a xwerû nîşan dike, ji heman cihî û kêliyê dest pê dikin, ew jî piştî $3\ s$ ji destpêkirina tevgera wan:




**a)** Di navenda lerizînê de digihêjin hev.
**b)** Di cihê $+X_{max}$ de digihêjin hev.
**c)** Nagihêjin hev, ji ber ku tewila wê ya yekem $+X_{max}$ e û ya duyem $-X_{max}$ e.
**d)** Nagihêjin hev, ji ber ku tewila wê ya yekem $-X_{max}$ e û ya duyem $+X_{max}$ e.

**2- Girêftariyên li jêr çare bikin:**

Heger $\pi^2 = 10\ ,\pi = 3.14\ ,4\pi = 12.5,\ g = 10\ m/s^2$ be:

**1.** Lerizokeke ahengdar a xwerû ji zimberekeke merin û tîkî pêk tê, ku senga wê piştguhkirî be û xelekên wê jev dûr bin û xweciha hişkbûna wê $k = 10\ N/m$ be, ji aliyekî xwe ve hatiye asêkirin û ji aliyê din ve jî bi gewdeyeke hişk ku senga wê $m$ be hatiye girêdan, dikare li ser ruyekî asoyî û hilû tev bigere û fonkisyona demî ji tewila wê re ev têkilî ye:

$$x = 0.1\ \cos(\pi\ t + \frac{\pi}{2})$$

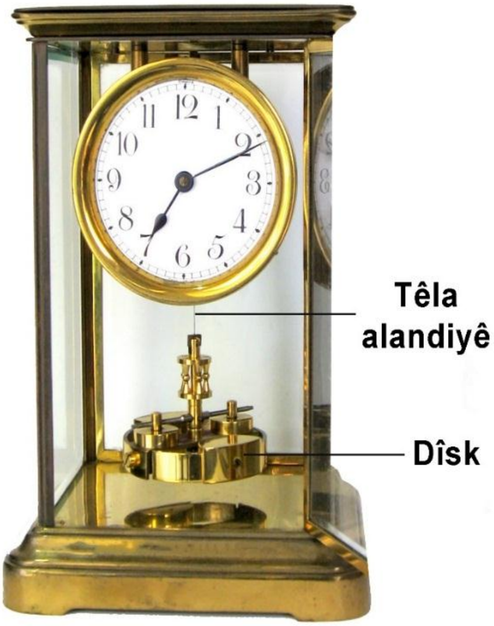
**a)** Nirxên xwecihên tevgerê û dewira wê ya taybet, bibînin.
**b)** Senga gewdeyê $m$ bibînin.
**c)** Nirxê lezê dema ku $x = 6cm$ be û gewde bi aliyê pozîtîv ê tewareyê tev bigere, bibînin.

**2.** Lerizokeke ahengdar a xwerû çêkin ku ji zimberekeke nerim û tîk pêk were, senga wê piştguhkirî be û xweciha hişkbûna wê $\boldsymbol{k = 10\ N/m}$ be, ji dawiya aliyekî xwe ve bi xaleke xwecih ve hatiye bicikirin û bi dawiya aliyê din ve gewdeyeke bi senga $\mathbf{m = 0.1\ kg}$ daliqandî ye. Heger destpêka demê, ew kêliya derbasbûna gewdeyê di navenda hevsengiyê re be û bi aliyê negatîv bi lezeke $\boldsymbol{v = -3\ m/s}$ tev bigere:

**a)** Lêdana tevgerê bibînin.
**b)** Fonkisyona demî ji tewilê re bibînin.
**c)** Xurtiya hêza vegerandinê bibînin.

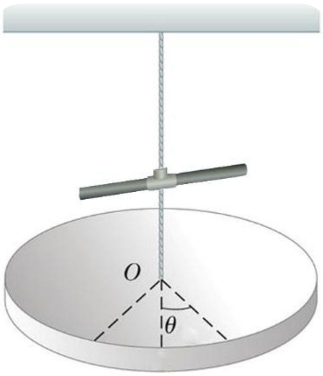
## WANE 2

# LERIZÎNÊN SAYINÎ YÊN BAZINÎ PENDOLA ALANDÎ YA NELERIZOK




Weke di teşeyê de diyarkirî, hinek demjimêr di karê xwe de bi tevgera zimberekeke badokî ve girêdayî ne, li gorî ku sengeke bi tevgereke bazinî di navbera du goşeyên sîmetrîk de tê hêlandin.

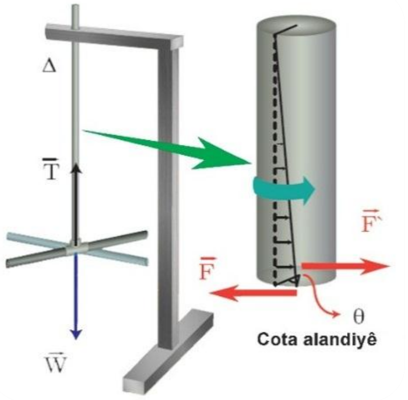
Nêzîktirîn mînak li ser tevgera bazinî, daliqandina şivikeke levhatî ji navenda xwe ve bi têleke alandî ya polayê ve ku xweciha alandiya wê ***k*** be û bi navê pendola alandî tê naskirin.




Şivika bi têla alandî ve daliqandî, bi bandoriya torka cota alandî, di teqaleyeke asoyî de li derdora têla alandî ya tîkî dilerize.

## Tevgera pendola alandî:

**Li gorî vê teşeyê:**




1. Hêzên derveyî yên li şivikê bandor dikin ev in:

   Hêza potensiyelê: $\vec{\mathbf{T}}$

   Hêza giraniyê: $\vec{\mathbf{W}}$

2. Dema ku şivik di teqaleyeke asoyî de ji rewşa hevsengiya xwe bi goşeya $\theta$ bizivire, di têlê de coteke alandiyê $\vec{\boldsymbol{\eta}}$ çêdibe, ew cot dijberî bikaranîna alandiyê ye ku torka wê torkeke vegerandinê be.
3. Bi pêkanîna têkiliya bingehîn di tevgerandina bazinî de (teoriya lezîna goşeyî) li derdora tewareya Δ ya li ser têla alandî ya tîkî yeksaneyî ye:

$$\sum \bar{\Gamma}_{\Delta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$

**Li gorî ku:**

$\boldsymbol{I_{\Delta}}$: Torka bêliviya şivikê li derdora tewareya zivirandina têlê Δ ye.

$\boldsymbol{a}$: Lezîna goşeyî ye.

$$\Gamma_{\vec{W}/\Delta} + \Gamma_{\vec{T}/\Delta} + \Gamma_{\vec{\eta}/\Delta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a} \,\ldots\ldots (1)$$

Ji ber ku rahişteka her du hêzan li ser tewareya zivirandinê Δ yeksaneyî ne, torka hêza giraniyê $\boldsymbol{\Gamma_{\vec{W}/\Delta}}$ û ya potensiyelê $\boldsymbol{\Gamma_{\vec{T}/\Delta}}$ tune dibin.

Torka cota alandiyê $\boldsymbol{\Gamma_{\vec{\eta}/\Delta}} = -\boldsymbol{k}\,\bar{\boldsymbol{\theta}}$ di têkiliya $(\mathbf{1})$ de bi cih bikin:

$$0 + 0 - k\,\bar{\theta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$
$$-k\,\bar{\theta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$

Li gorî ku: $\bar{\boldsymbol{a}} = \bar{\boldsymbol{\theta}}''$

$$-k\,\bar{\theta} = I_{\Delta}\,.\bar{\theta}'' \Longrightarrow \bar{\theta}'' = -\frac{k\,\bar{\theta}}{I_{\Delta}} \ldots\ldots (2)$$

Hevkêşeya $(\mathbf{2})$ hevkêşeyeke ciyakariyî ye, ji pêpilka duyem e:

$$\bar{\theta} = \theta_{\max}\ \cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

Ji bo saxkolîna çareyê, hevkêşeyê du caran li gorî demê bidarşînin:

Fonkisyona leza goşeyî:

$$w = (\bar{\theta})'_t = -\omega_0\,\theta_{\max}\ \sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

Fonkisyona lezîna goşeyî:

$$a = (\bar{\theta})_t'' = -\omega^2{}_0\,\theta_{max}\,cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$(\bar{\theta})_t'' = -\omega^2{}_0\,.\bar{\theta} \ldots\ldots (3)$$

Bi hevrûkirina di navbera her du têkiliyên $(\mathbf{2})$ û $(\mathbf{3})$ de:

$$\omega^2 = \frac{k}{I_{\Delta}} \ldots\ldots (4) \Longrightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{I_{\Delta}}} > 0$$

Ev pêkan e, ji ber ku $\boldsymbol{k}$ û $\boldsymbol{I_{\Delta}}$ du qasiyên pozîtîv in, ango tevgera pendolê sayinî û bazinî ye, fonkisyona wê ya demî bi vî awayî ye:

$$\bar{\theta} = \theta_{\max}\ \cos(\omega_0\ t + \bar{\varphi})$$

$\bar{\boldsymbol{\theta}}$: Tewila di kêliya $\boldsymbol{t}$ de ye, mena wê $\boldsymbol{rad}$ e.

$\boldsymbol{\theta_{\max}}$: Maksîmom tewila goşeyî ye (firehiya goşeyî), mena wê $\boldsymbol{rad}$ e.

$\boldsymbol{\omega_0}$: Lêdana taybet a tevgerê ye, mena wê $\boldsymbol{rad/s}$ e.

$\bar{\boldsymbol{\varphi}}$: Pêvajoya destpêkê ya tevgerê ye, mena wê $\boldsymbol{rad/s}$ e.

## Dewira taybet ji pendola alandî re:

Dewira taybet bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} \Longrightarrow \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} \Longrightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$$

Ji têkiliya bûrî encam tê girtin ku dewira taybet ya tevgera pendola alandiyê:

1. Bi firehiya goşeyî ya tevgera $\boldsymbol{\theta}_{\mathbf{max}}$ ve ne girêdayî ye.
2. Bi kokdama torka bêliviya komika pendolê re li derdora tewareya zivirandinê (Têla alandiyê), di nav rêjedariyeke rast de ye.
3. Bi kokdama xweciha alandiya têlê re, di nava rêjedariyeke vajî de ye.
4. Bi kêmkbûna dirêjahiya têla alandiyê, kêm dibe.
5. Bi zêdekirina torka bêliviya komikê, zêde dibe.
6. Nirxê wê bi guherîna firehiya goşeyî ya tevgerê re, nayê guherîn.

**Têbînî:** Têkiliya xweciha alandiya têlê li derdora tewareya zivirandinê Δ wiha ye:

$$k = k'\frac{(2\,r)^4}{l}$$

**Li gorî ku:**

$\boldsymbol{k'}$: Xweciheke girêdayî cureya heybera têlê ye.

$\mathbf{2}\,\boldsymbol{r}$: Eşkêla têlê ye.

$\boldsymbol{l}$: Dirêjahiya têlê ye.

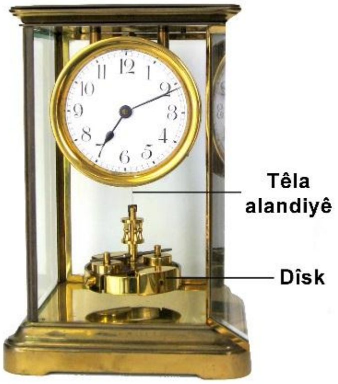
**Hevrûkirina di navbera her du pendolên nerim û alandiyê de:**

| Pendola nerim | Pendola alandî |
|---|---|
| Tevgera wê sayinî û vekişandî ye | Tevgera wê sayinî û bazinî ye. |
| Tewil: $\overline{\boldsymbol{x}}$ | Tewil goşeyî ye: $\bar{\theta}$ |
| Lez: $\boldsymbol{v} = (\overline{\boldsymbol{x}})'_{\boldsymbol{t}}$ | Lez goşeyî ye: $w = (\bar{\theta})'_{t}$ |
| Lezîn: $\overline{\boldsymbol{a}} = (\overline{\boldsymbol{x}})_{\boldsymbol{t}}''$ | Lezîn goşeyî ye: $\bar{a} = (\bar{\theta})_{t}''$ |
| Seng: $\boldsymbol{m}$ | Torka bêliviyê: $I_{\Delta}$ |
| Xweciha hişkbûnê: $\boldsymbol{k}$ | Xweciha alandiyê: $k$ |
| Hêza vegerandinê: $\overline{\boldsymbol{F}}$ | Hêza vegerînê: $\bar{\Gamma}$ |
| Enerjiiya potensiyel: $\boldsymbol{E_p} = \frac{1}{2}\boldsymbol{k}\, \boldsymbol{x}^2$ | Enerjiiya potensiyel: $E_p = \frac{1}{2} k\, \theta^2$ |
| Enerjiiya tevgerî: $\boldsymbol{E_p} = \frac{1}{2}\mathbf{m}\, \boldsymbol{v}^2$ | Enerjiiya tevgerî: $E_p = \frac{1}{2} I\, w^2$ |
| Enerjiiya giştî: $\boldsymbol{E_{TOT}} = \frac{1}{2}\boldsymbol{k}\, \boldsymbol{X}^2{}_{\mathbf{max}}$ | Enerjiiya giştî: $E_{TOT} = \frac{1}{2} k\, \theta^2{}_{\max}$ |

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

**1.** Weke di teşeyê de diyarkirî, dempîvek di karê xwe de bi pendoleke alandiyê ve girêdayî ye û ji bo sererastkirina derengiya demê, xwendekaran pêşinyarî dan, pêşinyara rast ev e:



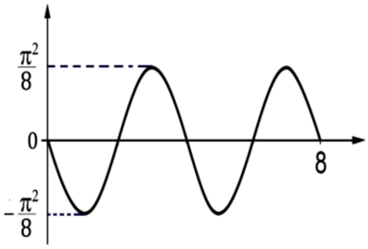

**a)** Zêdebûneke hindik di dirêjahiya têla alandiy de.

**b)** Zêdebûna senga giroverê bêyî ku eşkêla wê bê guherîn.

**c)** Kêmbûneke hindik di dirêjahiya têla alandiyê de.

**d)** Zêdebûna eşkêla giroverê bêyî ku senga wê bê guherîn.

**2.** Ev girafîk guherînên leza goşeyî ya pendoleke alandiyê bi guherîna demê re nîşan dike, li gorî vê fonkisyona leza goşeyî ya ku vê girafîkê nîşan dike ev e:




**a)** $\omega = +\frac{\pi^2}{8}\ \sin(3\pi\, t)$

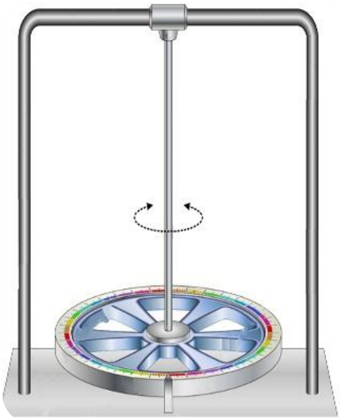
**b)** $\omega = -\frac{\pi^2}{8}\ \sin(2\pi\, t)$

**c)** $\omega = +\frac{\pi^2}{8}\ \sin(\frac{\pi}{2}\, t)$

**d)** $\omega = -\frac{\pi^2}{8}\ \sin(\frac{\pi}{2}\, t)$

**2- Girêftariyên li jêr çare bikin:**

Heger $\boldsymbol{\pi^2 = 10}$ , $\boldsymbol{\pi = 3.14}$ , $\boldsymbol{4\pi = 12.5}$ , $\mathbf{g = 10}\ \boldsymbol{m/s^2}$ be:

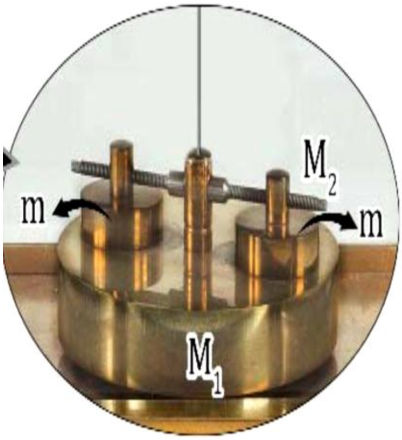


**1.** Pendola alandiyê ji girovereke levhatî pêk tê ku senga wê $\mathbf{m = 2}\ \boldsymbol{kg}$ be, dirêjahiya nîveşkêla wê $\boldsymbol{r = 4\ cm}$ be û ji navenda xwe ve bi têleke alandiyê ya tîkî ve daliqandî ye li gorî ku xweciha alandiya wê $\mathbf{16 \times 10_{\Delta}^{-3}}\ \boldsymbol{N.\mathrm{m}/rad}$ be.
Di teqaleyeke asoyî de, bi goşeya $\boldsymbol{\theta = +\frac{\pi}{4}\ rad}$, giroverê ji rewşa wê ya hevsengiyê bizivirînin û bê lezeke destpêkê di kêliya $\boldsymbol{t = 0}$ bihêlin.

**a)** Dewira taybet ya pendolê bibînin.
**b)** Fonkisyona demî ya tewila goşeyî li gorî awayê wê yê giştî encamê bigirin.
**c)** Enerjiya potensiyelê di rewşa tewila goşeyî $\boldsymbol{\theta = \frac{\pi}{8}\ rad}$ de bibînin û piştre enerjiya tevgerî bibînin.

(Torka bêliviya giroverekê li derdora tewareyeke tîkî li ser teqaleya xwe û di navendê re derbaskirî: $\boldsymbol{I_{\Delta} = \frac{1}{2}\mathrm{m}\, r^2}$)

**2.** Dempîvek ji girovereke sifirî pêk tê ku senga wê $\mathbf{m_1}\ \mathbf{0.12}\ \boldsymbol{kg}$ be û dirêjahiya wê $\boldsymbol{r} = \mathbf{0.05}\ \boldsymbol{m}$ be, şivikeke bi senga $\mathbf{m_2} = \mathbf{0.012}\ \boldsymbol{kg}$ û dirêjahiya $\boldsymbol{l} = \mathbf{0.1}\ \boldsymbol{m}$ li ser wê bi cih kirî ye, di her du aliyên xwe de du sengên biçûk $\mathbf{m_1} = \mathbf{m_2} = \mathbf{0.05}\ \boldsymbol{kg}$ hildigire ku durahiya di navbera her du sengan de $\mathbf{2}\boldsymbol{r} = \mathbf{0.04}\ \boldsymbol{m}$ be û bi riya kunkerê tê guherîn.




Heger komika giroverê ji navenda bêliviya xwe ve bi têla alandiya tîkî ya ku xweciha alandiya wê $\mathbf{8} \times \mathbf{10}_{\Delta}^{-\mathbf{4}}\ \boldsymbol{N.m/rad}$ be, were daliqandin:

**a)** Dewira dempîvê bibînin.

**b)** Heger bi riya zêdekirina durahiya di navbera her du sengên biçûk de, dewir bi qasî $\mathbf{0.86}\ \boldsymbol{s}$ zêde bibe, divê durahiya nû di navbera wan de çi qas be?

(Torka bêliviya giroverê li derdora tewareyeke ya di navenda bêliviya xwe re derbaskirî $\boldsymbol{I_1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\mathbf{m_1}\,\boldsymbol{r}^{\mathbf{2}}$ e û torka bêliviya şivikê li derdora tewareyeke tîkî li ser teqaleya xwe û di navenda xwe re derbaskirî $\boldsymbol{I_2} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{12}}\mathbf{m_2}\,\boldsymbol{r}^{\mathbf{2}}$ e.)

# WANE 3

# LERIZÎNÊN NEAHENGDAR

## PENDOLA GIRANIYÎ YA NELERIZOK

## 1- Pendola giraniyî:

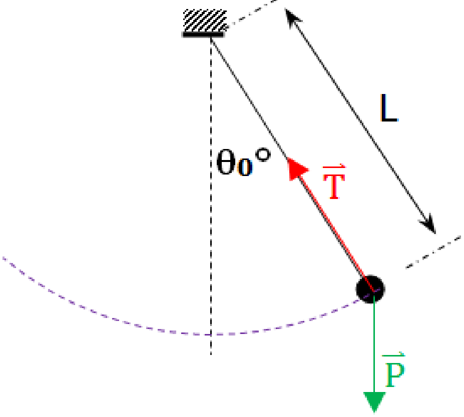
- Gelo we tevgera hêlanê dîtiye?

Dema labirina wê ji cihê hevsengiya wê, ji bo piştî demekê raweste li her du aliyên hevsengiya xwe ve dilerize û tevger dibe nelerizok, ji ber vê yekê pêdiviya wê bi dehfekê heye ji bo careke din bilerize.

Heman tiştê ku di lerizoka demjimêra dîwarê de çêdibe, li gorî ku di navbera du rewşên sîmetrîk de tê hêlandin û pêdiviya wê bi berdewîkirina tevgera xwe bi riya bicihbûna enerjiya belavbûyî heye.

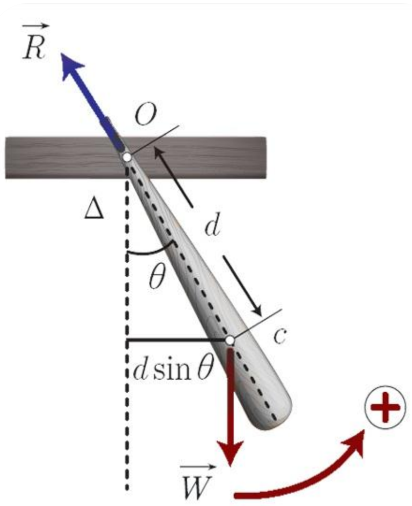
**Pendola giraniyî:**

Ji gewdeya hişk a ku bi bandoriya torka hêza giraniya xwe, li derdora zivirandineke tîkî li ser teqaleya xwe dilerize û di navenda bêliviya xwe re derbas nabe, pendola giraniyî tê gotin.



## Lêkolîna tevgerandinî ji pendola giraniyî re:

Gewdeyeke hişk ku senga wê $\boldsymbol{m}$ be û navenda bêliviya wê $\boldsymbol{C}$ be li derdora tewareya zivirandineke asoyî $\Delta$ daliqînin ku di xala $\boldsymbol{O}$ re derbasî gewdeyê bibe, li gorî ku durahî $\boldsymbol{OC} = \boldsymbol{d}$ ye.




Gewdeyê ji cihê hevsengiya wê ya tîkî bi qasî goşeya $\boldsymbol{\theta}$ labirin û ji bo di teqaleyeke tîkî de bilerize, bêyî lezeke destpêkê bihêlin.

**Hêzên ku li gewdeyê bandor dikin çi ne?**

Du hêz li gewdeyê bandor dikin:
 $\boldsymbol{W}$**:** Hêza giraniya wê.
 $\boldsymbol{R}$**:** Hêza berteka tewareya zivirandinê li gewdeyê.
Bi pêkanîna têkiliya bingehîn di tevgerandina bazinî de (Teoriya lezîna goşeyî):

$$\sum \bar{\Gamma}_{\Delta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a} \;\Longrightarrow\; \Gamma_{\vec{W}/\Delta} + \Gamma_{\vec{R}/\Delta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$

Bi hilbijartina aliyê pozîtîv ji zivirandinê re, li gorî ku dijbera aliyê zivirandina tîrên demjimêrê be:

$$\Gamma_{\vec{R}/\Delta} = 0$$

Ji ber ku rahişteka hêzê $\vec{\boldsymbol{R}}$ di tewareya zivirandinê re derbas dibe:

$$\Gamma_{\vec{W}/\Delta} = -(d \sin \theta)\, W \Longrightarrow -(d \sin \bar{\theta})\, W \; + 0 = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$

$$\Longrightarrow -\mathrm{m.g.}\, d \sin \bar{\theta} = I_{\Delta} \,.\, \bar{a}$$

Li gorî ku: $\overline{\boldsymbol{a}} = (\overline{\boldsymbol{\theta}})_t''$

$$-\mathrm{m.g.}d \sin\bar{\theta} = I_\Delta\,.(\bar{\theta})_t'' \Rightarrow (\bar{\theta})_t'' = -\frac{\mathrm{m.g.}d}{I_\Delta}\sin\bar{\theta} \ldots\ldots(1)$$

Ew hevkêşeyeke ciyakariyî ye, ji pêpilka duyem e, $\mathbf{sin}\,\overline{\boldsymbol{\theta}}$ cihê $\boldsymbol{\theta}$ digire, ji ber vê yekê çareya wê ne sayinî ye, her wiha tevgera pendola giraniyî, tevgereke lerizînî ya neahengdar e.

## Ji bo firehiyên goşeyî yên biçûk $\boldsymbol{\theta} \geq 0.24\,\boldsymbol{rad}$ tevgera pendola giraniyî çawa dibe?

Di vê rewşê de: $\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\theta} \approx \boldsymbol{\theta}$

Di têkiliya $(\mathbf{1})$ de bi cih bikin:

$$(\bar{\theta})_t'' = -\frac{\mathrm{m.g.}d}{I_\Delta}\,\bar{\theta} \ldots\ldots(2)$$

Hevkêşeyeke ciyakariyî ye, ji pêpilka duyem e:

$$\bar{\theta} = \theta_{\max}\cos(\omega_0\,t + \overline{\varphi})$$

Bi daraştina fonkisyona tewila goşeyî du caran li gorî demê:

$$\bar{a} = (\bar{\theta})_t'' = \omega^2{}_0\,.\,\overline{\theta} \ldots\ldots(3)$$

Bi yeksaniya di navbera her du têkiliyên $(\mathbf{2})$ û $(\mathbf{3})$ de:

$$\omega^2{}_0 = \frac{\mathrm{m.g.}d}{I_\Delta} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{\mathrm{m.g.}d}{I_\Delta}} > 0$$

Ev hevkêşe pêkhatî ye, ji ber ku hemû qasî pozîtîv in, ji ber vê yekê ji bo firehiyên goşeyî yên biçûk tevgera pendola giraniyî, tevgereke sayinî û bazinî ye, lêdana wê ya taybet $\boldsymbol{\omega_0}$ e.

## Encamgirtina têkiliya dewira taybet a lerizînê:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{m.g.d}{I_\Delta}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{m.g.d}}$$

Di rewşa lerizînên bi firehiyên biçûk de, ev têkiliya giştî ya dewira taybet a pendola giraniyî ye.

$\mathbf{T_0}$: Dewira pendola giraniyî ye, bi firehiyeke goşeyî ya biçûk e, mena wê $\boldsymbol{s}$ ye.

$\boldsymbol{I_\Delta}$: Torka bêliviya gewdeya hişk e, mena wê $\boldsymbol{kg.m^2}$ e.

$\boldsymbol{d}$: Durahiya tewareya zivirandinê ji navenda bêliviya gewdeya hişk $\boldsymbol{C}$ ye, mena wê $\boldsymbol{m}$ ye û dîtina wê bi du rêbazan çêdibe, yan bi pêkanîna têkiliya hevsengiya bazinî $\sum \bar{\boldsymbol{\Gamma}}_{\boldsymbol{C}} = \mathbf{0}$ li derdora tewareya zivirandineke di $\boldsymbol{C}$ re derbaskirî, yan jî bi pêkanîna vê têkiliyê:

$$OC = d = \frac{m_1\,\bar{r}_1 + m_2\,\bar{r}_2 + \cdots + m_i\,\bar{r}_i}{m_1 + m_2 + \cdots + m_i} = \sum \frac{m_i\,\bar{r}_i}{m_i}$$

Dibe ku gewde ji gelek parçeyan pêk were, li gorî ku ev parçe xalên heyberî bin, sengên wan wiha bin:

$$\boldsymbol{m_1, m_2, \ldots, m_i}$$

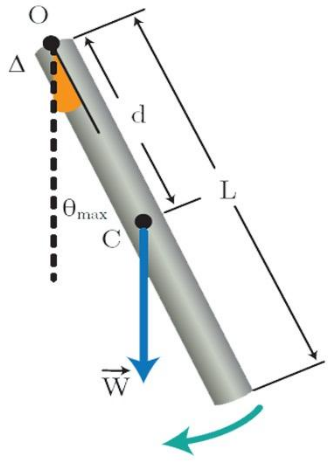
Bi van durahiyan dûrî tewareya zivirandinê bin:

$$\boldsymbol{r_1, r_2, \ldots, r_i}$$

$\bar{\boldsymbol{r}}$: Qasiyeke cebirî ye, heger navenda bêliviya senga lerizok li bin tewareya zivirandinê be, wê demê $\bar{\boldsymbol{r}}$ pozîtîv e.

Lê heger navenda bêliviya senga lerizok li ser tewareya zivirandinê be, wê demê $\bar{\boldsymbol{r}}$ negetîv e.

## Rahênaneke çarekirî:




Pendoleke giraniyî ji şivikeke levhatî bi dirêjahiya $\boldsymbol{l = 0.375\,m}$ û bi senga $\boldsymbol{m}$ pêk tê, ji aliyê xwe yê jor ve bi tewareyeke asoyî ve daliqandî ye û li ser teqaleya xwe ya tîkî tîk e, şivikê ji cihê hevsengiya wê ya tîkî bi goşeyeke biçûk $\boldsymbol{\theta \leq 14°}$ labirin û bêyî lezeke destpêkê bihêlin.

Heger torka bêliviya şivikê li derdora tewareyekê li ser teqaleya xwe tîk be û di navenda bêliviya xwe re derbaskirî be: $(\boldsymbol{I_{\Delta/C} = \frac{1}{12} m_2\, l^2})$

Wê demê li gorî têkiliya giştî ya dewira taybet ya pendola giraniyî û lêkhatî, bi sembolan têkiliya dewira taybet encamê bigirin û piştre nirxê wê bibînin.

## Çare:

Têkiliya dewira pendola giraniyî wiha ye:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_\Delta}{m.g.d}}$$

Ji bo dîtina torka bêliviya şivikê li derdora tewareya di $\boldsymbol{O}$ re derbaskirî, teoriya Huygens pêk bînin:

$$I_\Delta = I_{\Delta/C} + m.d^2$$

Li gorî ku: $\boldsymbol{d = \frac{l}{2}}$

$$I_\Delta = \frac{1}{12} m.l^2 + m.\left(\frac{l}{2}\right)^2 \Rightarrow I_\Delta = \frac{1}{3} m.l^2$$

Di têkiliya dewirê de bi cih bikin:

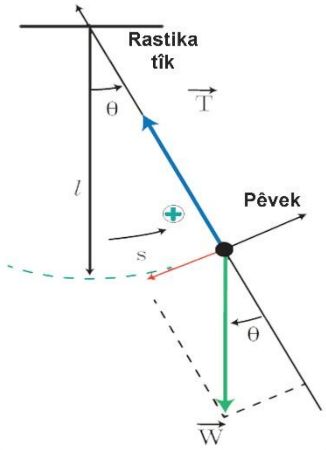
$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}\,m.\,l^2}{m.g.\frac{l}{2}}} = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{3\,g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2\times 0.375}{3\times 10}} = 1\,s$$

## 2- Pendola giraniyî ya xwerû:

**Dîtaneyî:** Xaleke heyberî ye, bi bandoriya giraniya xwe bi durahiyeke xwecih $\boldsymbol{l}$ ji tewareyeke asoyî û xwecih, dilerize.

**Piratîkî:** Gogeke biçûk e, senga wê $\boldsymbol{m}$ ye, tîrbûna wê ya rêjeyî mezin e û bi tayekî ve daliqandî ye ku senga wî piştguhkirî be û nayê vezilandin, dirêjahiya wê li gorî nîveşkêla gogê mezin e.

### Lêkolîna tevgerandinî:




- Hêzên derveyî yên li gogê bandorê dikin ev in:

  Xurtiya potensiyela tayê: $\vec{\mathbf{T}}$

  Giraniya gogê: $\vec{\boldsymbol{w}} = \mathbf{m.g}$

- Bi pêkanîna têkiliya bingehîn di tevgerandina zivirandî (Teoriya lezîna goşeyî) de:

$$\sum \bar{\Gamma}_\Delta = I_\Delta\,.\,\bar{a} \Longrightarrow \Gamma_{\vec{W}/\Delta} + \Gamma_{\vec{T}/\Delta} = I_\Delta\,.\,\bar{a}$$

Bi hilbijartina aliyê pozîtîv ji zivirandinê re, li gorî ku dijberî aliyê zivirandina tîrên demjimêrê be:

$$-m.g.\,l\sin\bar{\theta} + 0 = I_\Delta\,.\,\bar{a}$$

$$I_\Delta = m\,.\,l^2 \qquad , \qquad \bar{a} = (\bar{\theta})''_t$$

Bicihbûna van nirxan di têkiliya bûrî de û bi kurtasîkirinê:

$$-\mathrm{m.g.}\,l\sin\bar{\theta}+0=\mathrm{m}\,.\,l^2\,.\,(\bar{\theta})''_t$$

$$(\bar{\theta})''_t=-\frac{\mathrm{g}}{l}\sin\bar{\theta}$$

Di rewşa firehiyên goşeyî yên biçûk de $\boldsymbol{\theta}\leq\mathbf{0.24}\,\boldsymbol{rad}$ nirxê $\mathbf{sin}\,\bar{\boldsymbol{\theta}}=\boldsymbol{\theta}$

$$(\bar{\theta})''_t=-\frac{\mathrm{g}}{l}.\bar{\theta}\ \ldots\ldots..(1)$$

Hevkêşeyeke ciyakarî ye, ji pêpilka duyem e:

$$\bar{\theta}=\theta_{\max}\cos(\omega_0.t+\bar{\varphi})$$

Bi daraştina fonkisyona tewilê du caran li gorî demê:

$$(\bar{\theta})''_t=-\omega^2{}_0\,.\bar{\theta}\ \ldots\ldots(2)$$

Bi yeksaniya di navbera $(\mathbf{1})$ û $(\mathbf{2})$ de:

$$\omega^2{}_0=\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{l}}\Longrightarrow\omega_0=\sqrt{\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{l}}}>0$$

Ev hevkêşe pêkhatî ye, ji ber ku $\boldsymbol{g}$ û $\boldsymbol{l}$ du qasiyên pozîtîv in, ji ber vê yekê ji bo firehiyên goşeyî yên biçûk tevgera pendola giraniyî ya xwerû, tevgereke zivirandî ye, lêdana wê ya taybet $\boldsymbol{\omega_0}$ e.

## Encamgirtina têkiliya dewira taybet ji lerizînê re:

$$\omega_0=\frac{2\pi}{\mathrm{T}_0}\quad \text{û}\quad \omega_0=\sqrt{\frac{\mathrm{g}}{l}}$$

Ji yeksaniya her du têkiliyan:

$$\frac{2\pi}{\mathrm{T}_0}=\sqrt{\frac{\mathrm{g}}{l}}\Longrightarrow\mathrm{T}_0=2\pi\sqrt{\frac{l}{\mathrm{g}}}$$

Ew têkiliya dewira taybet a pendola giraniyî ya xwerû ye.

Dibe ku di rewşa firehiyên goşeyî yên biçûk de li gorî têkiliya giştî ya dewira taybet a pendola giraniyî ya lêkhatî, têkiliya dewira taybet a pendola xwerû bi dest bikeve, bi riya bicihkirina $\boldsymbol{d} = \boldsymbol{l}$ û $\boldsymbol{I_\Delta} = \mathbf{m}.\boldsymbol{l}^2$ di têkiliya dewirê de:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{m.g.d}}$$

Û bicihkirina nirxên bûrî û bi kurtasîkirinê:

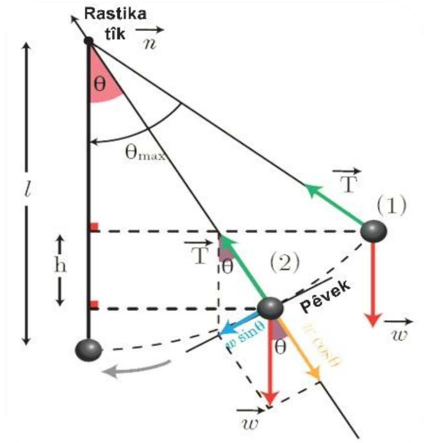
$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Li gorî lêkolîna bûrî:

1) Dewira pendola xwerû ne girêdayî seng û cureya heybera goga wê ye.
2) Pendolên bi firehiya biçûk, heman dewir in.
3) Dewira pendola xwerû bi:
   - Kokdama dirêjahiya tayê $\boldsymbol{l}$ re, di nava rêjedariyeke rast de ye.
   - Kokdama lezîna kêşana erdê $\mathbf{g}$ re, di nava rêjedariyeke vajî de ye.

### Encamgirtina têkiliya leza goga pendolê û têkiliya xurtiya potensiyela tayê daliqandî di xalekê de ji rêgeha xwe ve:

Goga pendolê ji rewşa hevsengiya xwe ve ya tîkî, bi goşeyeke $\boldsymbol{\theta}_{\mathbf{max}}$ labirin û bêyî lezeke destpêkê bihêlin:




1- Ji bo dîtina têkiliya leza gogê di rewşa (**2**) de, pêdivî bi dîtina hêzên derveyî yên bandorê dikin heye, ew jî ev in:

Giraniya gogê: $\vec{\boldsymbol{w}}$

Xurtiya potensiyela tayê: $\vec{\mathbf{T}}$

Teoriya enerjiya tevgerî di navbera du rewşan de pêk bînin:

- Ta bi tîkê re goşeya $\boldsymbol{\theta}_{\mathbf{max}}$ çêdike.
- Ta bi tîkê re goşeya $\boldsymbol{\theta}$ çêdike.

$$\overline{\Delta E}_{K_{(1\rightarrow 2)}} = \sum \overline{w}_{\vec{F}}$$

$$\bar{E}_{K_{(2)}} - \bar{E}_{K_{(1)}} = \sum \overline{w}_{\vec{w}} + \overline{w}_{\vec{T}}$$

$\boldsymbol{w}_{\vec{w}} = \mathbf{m.g.}\boldsymbol{h}$ û $\overline{\boldsymbol{w}}_{\vec{T}} = \mathbf{0}$ ji ber ku rahiştеka $\vec{\boldsymbol{T}}$ di her kêliyê de li ser veguhestinê tîk e:

$$\frac{1}{2}\,\mathrm{m}.v^2 - 0 = \mathrm{m.g.}h + 0 \dots\dots(1)$$

Ji teşe:
$$h = l\cos\theta - l\cos\theta_{\max}$$

$$h = l\,(\cos\theta - \cos\theta_{\max})$$

Di têkiliya ($\mathbf{1}$) de bi cih bikin:

$$\frac{1}{2}\,\mathrm{m}.v^2 = \mathrm{m.g}.l\,(\cos\theta - \cos\theta_{\max}) \Longrightarrow$$

$$v^2 = 2\mathrm{g}.l\,(\cos\theta - \cos\theta_{\max}) \Longrightarrow$$

$$v = \sqrt{2\mathrm{g}.l\,(\cos\theta - \cos\theta_{\max})}$$

**Rewşeke taybet:** Dema derbasbûna di tîkê re $\boldsymbol{\theta} = \mathbf{0}$, her wiha têkilî dibe bi vî awayî:

$$v = \sqrt{2\mathrm{g}.l(1 - \cos\theta_{\max})}$$

2- Ji bo dîtina têkiliya hêza xurtiya tayê di rewşa ($\mathbf{2}$) de:

Têkiliya bingehîn di tevgerandinê de pêk bînin:

$$\sum \vec{F} = \mathrm{m}\,.\,\vec{a}$$

$$\vec{W} + \vec{T} = \mathrm{m}\,.\,\vec{a}$$

Bi êxistina li ser tewareyeke ku li ser hilênerê $\vec{\boldsymbol{T}}$ yeksaneyî be û heman aliyê wê be (rasteka tîk):

$$-W.\cos\theta + T = \mathrm{m}\,.\,a_c$$

Lê nirxê lezîna birêkûpêk: $\boldsymbol{a_c} = \frac{\boldsymbol{v^2}}{\boldsymbol{l}}$

Bicihbûnê:

$$T = \mathrm{m}.\frac{v^2}{l} + \mathrm{m.g}\cos\theta$$

$$T = 2\mathrm{m.g}\,(\cos\theta - \cos\theta_{\max}) + \mathrm{m.g}\cos\theta$$

$$T = \mathrm{m.g}\,(3\cos\theta - 2\cos\theta_{\max})$$

**Rewşeke taybet:** Dema derbasbûna di tîkê re $\boldsymbol{\theta = 0}$, her wiha têkilî dibe bi  vî awayî:

$$T = \mathrm{m.g}(3 - 2\cos\theta_{\max})$$

## Hêza mîkanîkî ya pendola giraniyî ya xwerû:

- Bi piştguhkirina hêzên ji enerjiyê re belavkirî, hêza mîkanîkî ya pendola giraniyî ya xwerû xwecih e, li gorî ku bi firehiyeke goşeyî xwecih $\boldsymbol{\theta_{\max}}$ li her du aliyên hevsengiya xwe ya tîkî, dilerize.

- Enerjiya mîkanîkî, ew komkirina her du hêzên potensiyela giraniyî û tevgerî ye, li gorî ku di dema derbaskirina pendolê di rewşa hevsengiya xwe ya tîkî re, pîvana enerjiya potensiyela giraniyî dibe teqaleya asoyî ya di navenda bêliviya gogê re derbas dibe:

$$E = E_K + E_p$$

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

1. Heger hûn biçin mala bapîrê xwe û sererastkirina dempîva li ser dîwar daliqandî ji dapêra xwe bixwazin, li gorî ku ew dempîv ji şivekekê pêk tê ku bi dawiya wê ve girovereke ku berbijor û berbijêr bi aliyê rast û çepê ve tev digere hebe, her wiha bi demjimêra bilêvkirî ve girêdayî ye û li demjimêra şeş tam nîşan dike, lê dempîv li dimjimêra şeş û pênc xulekan nîşan dike, ji bo sererastkirina demê divê:
   a) Dempîv raweste û bi qasiyeke biçûk girover nizim bibe û piştre careke din were vêxistin.
   b) Dempîv raweste û bi qasiyeke biçûk girover bilind bibe û piştre careke din were vêxistin.
   c) Tîra xulekan sererast bibe û vegerandina wê, ji bo li şeş tam nîşan bike.
   d) Pênc xulekan dempîv raweste û piştre careke din were vêxistin.

2. Du dempîvên wekhev li ser erdê bi dema herêmî birêkûpêkkirî ne, ya destpêkê di qata erdî ya avahiyeke bilind de deynin, lê ya duyem di qata dawî de deynin, wê demê bi xwecihbûna pileya germahiyê piştî mehekê:

**a)** Li heman demê nîşan dikin.

**b)** Pêşketina dempîva yekem û sererastkirina wê.

**c)** Paşketina dempîva duyem û sererastkirina wê.

**d)** Paşketina dempîva yekem û sererastkirina wê.

3. Têleke hesinî, têleke sifirî û tayek bi heman dirêjahî $\mathbf{1}\,\boldsymbol{m}$ heye û gogeke hesinî û yeke darî bi heman qebareyê heye, heger bê xwestin ku di herêmeke germ de, pendoleke xwerû bê çêkirin li gorî ku dewira wê di navbera roj û şevê de neyê guherîn, wê demê baştirîn hilbijartin ev e:

**a)** Têla hesinî bi goga hesinî re.
**b)** Têla sifirî bi goga hesinî re.
**c)** Têla hesinî bi goga darî re.
**d)** Ta bi goga darî re.

**2- Girêftariyên li jêr çare bikin:**

Heger $(\boldsymbol{\pi^2 = 10}\ ,\ \boldsymbol{\pi = 3.14}\ ,\ \boldsymbol{4\pi = 12.5}\ ,\ \mathbf{g = 10}\ \boldsymbol{m/s^2})$ be:

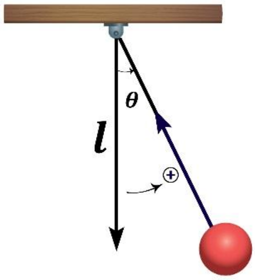
**1.** Weke di teşe de diyarkirî ye, xelekeke hesinî ku nîveşkêla wê $\boldsymbol{r} = \mathbf{12.5}\ \boldsymbol{cm}$ û senga wê $\mathbf{m = 0.05}\ \boldsymbol{kg}$ be, bi tewareyeke asoyî xwecih ve, daliqînin.

**a)** Nirxê dewira vê pendolê ji bo firehiyên biçûk bibînin.

**b)** Heger torka bêliviya xelekê li derdora tewareyeke li ser teqaleya xwe tîk be û di navenda bêliviya xwe $\boldsymbol{I_{\Delta/C}} = \mathbf{m}.\boldsymbol{r^2}$ re derbaskirî be, wê demê ji bo firehiyên goşeyî yên biçûk, dewira taybet ji lerizîna vê pendolê re bibînin.

**c)** Dirêjahiya pendola xwerû bibînin.

**2.** Gogeke biçûk senga wê $\mathbf{m} = \mathbf{0.5}\,\boldsymbol{kg}$ be weke xaleke heyberî bi tayekê ku senga wê piştguhkirî be daliqînin, dirêjahiya wê neyê vezilandin $\boldsymbol{l} = \mathbf{1.6}\,\boldsymbol{m}$, pendoleke giraniyî û xwerû çêdike, piştre ji bo tayê pendolê bi tîkê re goşeya $\boldsymbol{\theta}$ çêke, gogê li teqaleyeke asoyî labirînin ku di rewşa hevsengiya xwe ya tîkî de, ji teqaleya asoyî ya tê re derbaskirî bi qasî $\boldsymbol{h} = \mathbf{0.8}\,\boldsymbol{m}$ bilind dibe û bêyî lezeke destpêkê bihêlin.




**a)** Bi sembolan têkiliya leza gogê, dema derbasbûna wê di tîkê re, encamê bigirin û piştre nirxê wê bibînin.

**b)** Nirxê goşeya $\boldsymbol{\theta}$ bibînin.

**c)** Dewira pendolê bibînin.

**d)** Bi sembolan têkiliya xurtiya hêza tayê, dema derbasbûna wê di tîkê re, bibînin û piştre nirxê wê bibînin.

# WANE 4

## MÎKANÎKA RONÊN BITEVGER

Ji ronatiyan re roleke sereke di jiyana me de heye, di laşê me de bi riya şîndamar û sordamaran digere û gemî li ser ruyê wê bi ser dikeve û balafir tê de difire û di motorên tirimbêlan û alavên sarkirin û germkirinê de tev digere.

### Ronatî çi ne? zagonên ku tevgera wê kontrol dikin çi ne?

Ron û gaz hêzên hevgirtinê di navbera molekulên wan de lawaz in, bi teşeyeke destnîşankirî namînin, Molekûlên wê tevger dikin li gorî ku teşya wê heman teşeya qaba tê de cih digire, bi hêsanî ji hêzên derveyî yên ku hewil didin teşeya wê biguherin bersivdar e, ji ber vê yekê ron û gaz bi navê ronatî tên naskirin.

### Taybetiyên mîkanîkî ji ronatiyên bitevger re:

Ronatî bi bandoriya hêzên derveyî dikarin biherikin, ji bo diyarkirina tevgera wê di kêliyekê de, divê tîrbûna ronatiyê, dewisîna wê, leza wê, pileya germahiya wê were naskirin.

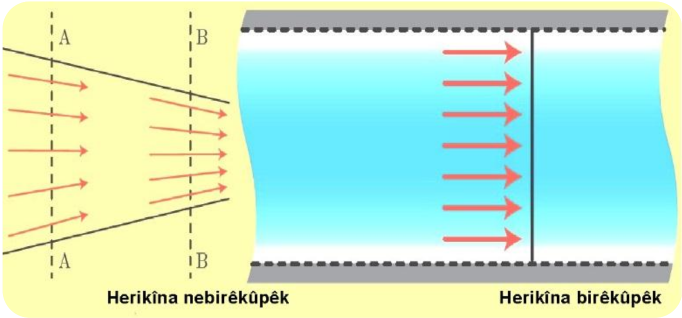
Ji bo hêsankirina lêkolîna ronatiyan, parçekoka ronatî lêkolîn bikin, ew jî parçeyek ji ronatiyê ye, durahiyên wê li gorî durahiyên ronatiyê gelekî biçûk in û li gorî molekûlên ronatiyê mezin in.

## Pênaseyên bingehîn:

### 1. Herikîna bicîbûyî:

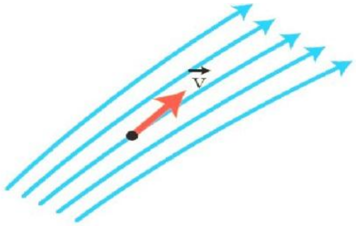
Herikîna ku leza parçekokên ronatiyê bi demê re û di heman xalê de ji xêzika herikînê re, xwecih e.

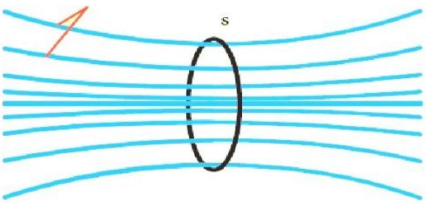
Heger bi demê re ji xalekê heta xala din lez bê guherîn, wê demê herikîna bicîbûyî nebirêkûpêk e, lê heger bi demê re, di hemû xalên ronatiyê de lez xwecih be, wê demê herikîna bicîbûyî birêkûpêk e.




### Xêzika herikînê:

Xêzikeke aşopî ye, rêgeha parçekoka ronatiyê di dema herikîna wê de dide xuyakirin, li gorî ku di her xalekê ji xalên xwe dibe pêveka tîra lezê di heman xalê de.



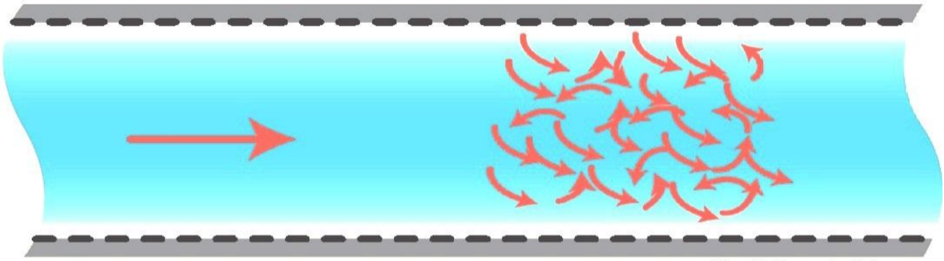

### 2. Tûpa deravêtinê:

Heger rûbereke biçûk û li ser aliyê herikîna ronatiya xwedî herikîneke birêkûpêk tîk hebe, her wiha heger li ser derdora vê rûberê xêzikên herikînê werin xêzkirin, tûpeke aşopî tê bidestxistin ku ronatiyê bihewîne û bi navê tûpa herikînê tê naskirin.

### 3. Taybetiyên ronatiya nimûneyî:

Ronatiya nimûneyî bi van taybetiyan tê diyarkirin:

a) **Di tûpa girtî de nayê dewisandin:** Senga wê ya qebareyî bi demê re xwecih e.
b) **Ne lînc e:** Hêzên hesûnkirina hundirîn di navbera pêkhateyên wê de, dema ku li gorî hev tev digere, piştguhkirî ne, her wiha enerjî winda nabe.
c) **Herikîna wê ne birêkûpêk e:** Ji tevgera parçekokên wê re xêzikên herikînê hene û leza parçekokên wê li cem xaleke destnîşankirî, bi demê re xwecih e.
d) **Herikîna wê ne zivirîner e:** Parçekokên ronê tevgereke zivirîner li derdora çi xalê di riya herikînê de, tevger nake.



Herikîna zivirîner ji ronatiyê re

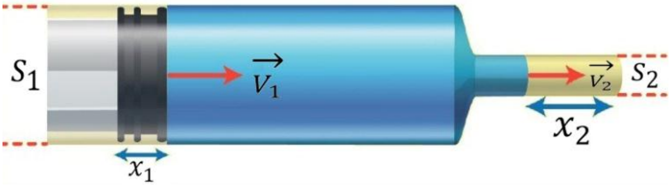
### Encam:

**a)** Leza deravêtina ronê di tûpekê de, bi kêmbûna rûbera parçeya tûpê, zêde dibe.
**b)** Navîniya deravêtina sengî $\boldsymbol{Q}$ ji ronê re, senga qasiya ronê ye, ya ku di mena demê de parçeya tûpê derbas dike û $\mathbf{Q} = \frac{\boldsymbol{m}}{\Delta \boldsymbol{t}}$ têkiliya wê ye û di sîstema navnetewî de bi vê menê tê pîvan: $\boldsymbol{kg.s^{-1}}$
**c)** Navîniya deravêtina qebareyî $\boldsymbol{Q'}$ ji ronê re, qebareya qasiya ronê ye, ya ku di mena demê de parçeya

tûpê derbas dike û $\boldsymbol{Q'} = \frac{\mathbf{v}}{\Delta \boldsymbol{t}}$ têkiliya wê ye û di sîstema navnetewî de bi vê menê tê pîvan: $\boldsymbol{m^3 . s^{-1}}$

## Encamgirtina bîrkarî ji hevkêşeyên berdewamiyê re:

Heger ronek di hundirê tûpekê de tev bigere li gorî ku rûbera her du parçeyên aliyên wê ji yê din cuda ne $\boldsymbol{s_1}$ , $\boldsymbol{s_2}$ û qasiya ronê ku li cem parçeya $\boldsymbol{s_1}$ di demeke destnîşankirî de dikeve tûpê de, yeksanî qasiya rona ku di heman demê de ji parçeya tûpê $\boldsymbol{s_2}$ derdikeve (Ron di hundirê tûpê de kom nabe û tam wê dadigire û herikîna wê berdewam e):




Heger $\boldsymbol{v_1}$ leza ronê di parçeya $\boldsymbol{s_1}$ re be û $\boldsymbol{v_2}$ leza ronê di parçeya $\boldsymbol{s_2}$ re be, wê demê qebareya qasiya rona $\boldsymbol{V_1}$ ya ku parçeya $\boldsymbol{s_1}$ bi dirêjahiya $\boldsymbol{x_1}$ di dema $\Delta \boldsymbol{t}$ de derbas dike wiha ye:

$$V_1 = s_1 . x_1 \dots\dots (\mathbf{1})$$

Lê: $\boldsymbol{x_1 = v_1 . \Delta t}$

Bicihbûna nirxê $x_1$ di têkiliya ($\mathbf{1}$) de:

$$V_1 = s_1 . v_1 . \Delta t$$

Qebareya qasiya ron ya parçeya $\boldsymbol{s_2}$ bi dirêjahiya $\boldsymbol{x_2}$ di dema $\Delta \boldsymbol{t}$ de wiha ye:

$$V_2 = s_2 . x_2 \dots\dots (\mathbf{2})$$

Lê: $\boldsymbol{x_2 = v_2 . \Delta t}$

Bicihbûna nirxê $\boldsymbol{x_2}$ di têkiliya ($\mathbf{2}$) de:

$$V_2 = s_2 . v_2 . \Delta t$$

Ji ber ku qebareya qasiya rona ku parçeya $\boldsymbol{s_1}$ derbas kiriye, yeksanî qebareya qasiya rona ku parçeya $\boldsymbol{s_2}$ derbas kiriye, di heman demê de ye:

$$Q'_1 = Q'_2 \Longrightarrow \frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t}$$

Bicihbûna nirxên $\boldsymbol{V_1}$ û $\boldsymbol{V_2}$ di têkiliya bûrî de:

$$\frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t} \quad \Longrightarrow \quad \frac{s_1 . v_1 . \Delta t}{\Delta t} = \frac{s_2 . v_2 . \Delta t}{\Delta t}$$

Piştî kurtasiyê, ev têkiliyê bi dest dikeve:

$$s_1 . v_1 = s_2 . v_2 \Longrightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{s_1}{s_2}$$

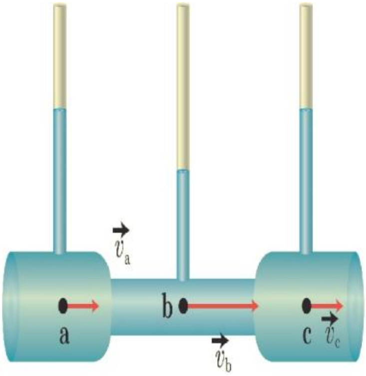
Ango: Leza deravêtina ronê bi rûbera parçeya tûpa ku ron jê derdikeve re, di nava rêjedariyeke vajî de ye û bi giştî em dikarin wiha binivîsin:

$$Q' = s_1 . v_1 = s_2 . v_2 = const$$

## Hevkêşeya Pernolî di herikîna bicîbûyî de:

Bi riya çalakiyê ev tê dîtin:

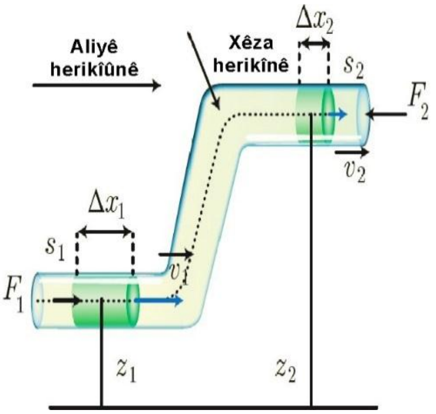
**a)** Çi qasî leza ronê zêde dibe, dewisîna wê kêm dibe.




**b)** Li cem xalek ji xalên xêzika herikînê ji rona ku herikîna wê bicîbûyî ye, komkirina dewisîn û enerjiya tevgerî ji mena

qebareyê re û enerjiya potensiyela giraniyî ji mena qebareyê re, yeksanî qasiyike xwecih e.

## Encamgirtina bîrkarî ji hevkêşeya Pernolî re:




Dema ku qasiyeke biçûk ji ronê di navbera du parçeyan re derbas dibe, li gorî ku rûbera parçeya yekem $s_1$ be, dewisîn li cem wê $P_1$ be, leza herikînê wê $v_1$ be û bilindahiya ji teqaleyeke vegerînerî $z_1$ be, û heger rûbera parçeya duyem $s_2$ be, dewsîn li cem wê $P_2$ be, leza herikînê wê $v_2$ be û bilindahiya ji teqaleyeke vegerînerî $z_2$ be.

Karê bi tevahî mezaxtî ji bo tevgerandina senga ron ji parçeya yekem ta parçeya duyem, yeksanî komkirina karê hêza giraniyê û karê hêza dewisîna ronê ye.

- Karê hêza giraniyê: $\boldsymbol{Ww} = -\mathbf{m}\,.\,\mathbf{g}(\boldsymbol{z_2} - \boldsymbol{z_1})$
- Karê hêza dewisîna ronê

Ruyê parçeyê $s_1$ bi hêza $F_1$ bandor dibe û heman aliyê hêza herikînê ye, xala bandoriya wê bi qasî $\Delta x$ di demekê de vediguze, ji ber vê yekê karê motorê (pozîtîv) dike:

$$W_1 = F_1\,.\,\Delta x$$

Lê: $\boldsymbol{F_1} = \boldsymbol{P_1}\,\boldsymbol{s_1} \Rightarrow \boldsymbol{W_1} = \boldsymbol{P_1}.\boldsymbol{s_1}.\Delta\boldsymbol{x_1}$

Lê: $\boldsymbol{s_1}\Delta\boldsymbol{x_1} = \Delta\boldsymbol{V} \Rightarrow \boldsymbol{W_1} = \boldsymbol{P_1}.\Delta\boldsymbol{V}$

Li gorî ku $\Delta\boldsymbol{V}$ qebareya qasiya rona ku parçeya $\boldsymbol{s_1}$ di demekê $\Delta\boldsymbol{t}$ de derbas dike.

Ruyê parçeyê $\boldsymbol{s_2}$ bi hêza $\boldsymbol{F_2}$ bandor dibe û dijberî hêza herikînê ye, xala bandoriya wê bi qasî $\Delta \boldsymbol{x_2}$ di demekê $\Delta \boldsymbol{x}$ de vediguze, ji ber vê yekê karekê xwegir (negatîv) dike.

$$W_2 = -F_2 \,.\, \Delta x_2$$

$$F_2 = P_2\, s_2 \Longrightarrow W_2 = P_2 . s_2 . \Delta x_2$$

Lê: $\boldsymbol{s_2} . \Delta \boldsymbol{x_2} = \Delta \boldsymbol{V}$

Li gorî ku $\Delta \boldsymbol{V}$ qebareya qasiya rona ku parçeya $\boldsymbol{s_2}$ di demekê $\Delta \boldsymbol{t}$ de derbas dike û yeksanî qebareya qasiya rona ku parçeya $\boldsymbol{s_1}$ di demekê $\Delta t$ de derbas dike, ew jî ji ber ku ron nayê dewisandin:

$$W_2 = -P_2 \,.\, \Delta V$$

Karê tevahî wiha çêdibe:

$$W_T = W_w + W_1 + W_2$$

$$W_T = -\,\mathrm{m}\,.\,\mathrm{g}(z_2 - z_1) + P_1 . \Delta V - P_2 \,.\, \Delta V$$

$$W_T = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{1}{2}\mathrm{m}\, v_2^2 - \frac{1}{2}\mathrm{m}\, v_1^2$$

$$-\,\mathrm{m}\,.\,\mathrm{g}(z_2 - z_1) + P_1 . \Delta V - P_2 \,.\, \Delta V = \frac{1}{2}\mathrm{m}\, v_2^2 - \frac{1}{2}\mathrm{m}\, v_1^2$$

Lê: $\mathbf{m} = \boldsymbol{\rho}\, \boldsymbol{V}$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\, v_1^2 + \rho . \mathrm{g} . z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho\, v_2^2 + \rho . \mathrm{g} . z_2$$

$$P + \frac{1}{2}\rho\, v^2 + \rho . \mathrm{g} . z = const$$

Ev hevkêşeya pernolî ye, ya ku teoriya Pernolî nîşan dike, yek ji awayên parastmendiya enerjiyê ye.

Qasiya $\boldsymbol{\rho}.\mathbf{g}.\boldsymbol{z}$ ji bo mena qebareyan ji ronê, enerjiya potensiyela giraniyî (enerjiya rewşê) nîşan dike, lê qasiya $\frac{1}{2}\boldsymbol{\rho}\,\boldsymbol{v}^2$ ji bo mena qebareyan ji ronê, enerjiya tevgerî nîşan dike.

Her wiha divê dewisîna $\boldsymbol{P}$ enerjiya mena qebareyan jî be, ji bo menên qasiyên di hevkêşeyê de yekcure bin, ew pêk tê heger menên dewisînê bên nivîsîn:

$$1Pa = 1N/m^2 = 1\ N.m/m^3 = 1\ J/m^3$$

**Rewşeke taybet:** Heger tûp asoyî be: $\boldsymbol{z_1} = \boldsymbol{z_2}$

$$P_1.\frac{\mathrm{m}}{\rho} + \frac{1}{2}\mathrm{m}\ v_1^2 = P_2\ .\frac{\mathrm{m}}{\rho} + \frac{1}{2}\mathrm{m}\ v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

Heger tûp asoyî be, ev hevkêşeya Pernolî ye.

## Pêkanînên li ser hevkêşeya Pernolî:

**1. Rawestandina ronatiyan û hevkêşeya Manometreyê:**

Dibe ku hevkêşeya Manometre ji hevkêşeya Pernolî, bi dest bikeve, heger ron di tûpê de rawestî be, ango $\boldsymbol{v_1} = \boldsymbol{v_2} = \mathbf{0}$ be:

$$P_1 - P_2 = \rho.\mathrm{g}.z_2 - \rho.\mathrm{g}.z_1 = \rho.\mathrm{g}(z_2 - z_1) = \rho.\mathrm{g}.h$$

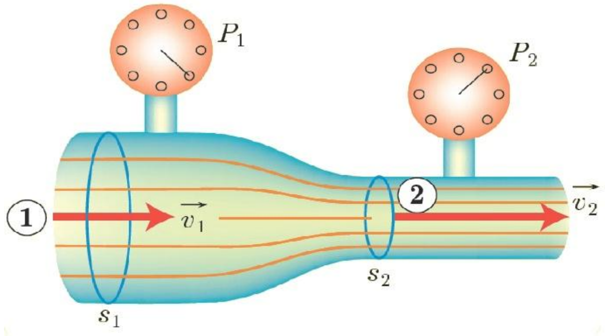
Ev hevkêşeya Manometre ye (Zagona dewisînê di ronên rawestî de ye.)

**2. Tûpa Fentorî:**

Tûpa Fentorî ji tûpeke ku rûbera parçeya wê $\boldsymbol{s_1}$ be pêk tê, di herêmeke ku dewisîna wê $P_1$ be, roneke bi leza $\boldsymbol{v_1}$

tê de diherike û digihêje fetisîna rûbera wê $s_2$ û ji bo naskirina cudahiya dewisînê di navbera qurmê bingehîn û fetisînê de, tûpa Fentorî bi kar bînin.

di navbera her du xalên $(1)$ û $(2)$ de yên ku di heman teqaleya asoyî de, hevkêşeya Pernolî pêk bînin:




$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho\, v_2^2$$

Lê: $s_1 . v_1 = s_2 . v_2$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\, [\left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2 - 1]. v_1^2$$

Cudahiya dewisînê di navbera du xalan de, bi alîkariya alava pîvana dewisînê, tê pîvan.

$$s_1 > s_2 \Rightarrow P_1 > P_2$$

Ango: Dewisîna di fetisînê de, kêmî dewisîna di qurmê bingehîn de yê tûpê ye.

Sûd ji vê taybetiyê di bijîşkiyê de tê girtin, Dibe ku ji ber kombûna dohn û bezan, parçeya sordamaran di herêmekê de kêm bibe, ev tişt herikîna xwînê di sordamaran de asteng dike û dewisîna xwînê di herêmên tengbûyî de, ji nirxê xwe yê xwezayî yê ji xwegira dewisînên derveyî re pêwîst, kêm bibe.

**3. Tûpa Pîtot:**

Tûpa pîtot ji bo pîvana leza herikîna ronekê di herêmekê de bi kar tê, li gorî ku manometre cudahiya di navbera du xalan de dipîve ku lez li cem xalekê piratîkî sifir e.

Ji hevkêşeya Pernolê:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2$$

Lê: $\boldsymbol{P_1 - P_2 = \rho'.\mathrm{g}.h}$

Bicihbûnê di hevkêşeya bûrî de, têkiliya lezê tê dîtin:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\,\rho'.\mathrm{g}.h}{\rho}}$$

Ji ber ku $\boldsymbol{\rho}$ û $\boldsymbol{\rho'}$ berê naskirî ne, dibe ku alav mîheng bibe li gorî ku bi naskirina bilindahiyê $\boldsymbol{h}$, lez bê xwendin.

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

**1.** Dema bayekî asoyî li cem devê kulekekê ya tîkî radibe, leza derketina dûyê ji devê kulekekê:

**a)** zêde dibe **b)** kêm dibe

**c)** nayê guherîn **d)** dibe sifir

- Dibe ku encam şîrove bibe li gorî:

**a)** zagona Paskal **b)** zagona Pernolî

**c)** zagona Arxemîdis **d)** hevkêşeya berdewamiyê

**2.** Rona nimûneyî:

**a)** tê dewisandin û ne lîncibûyî ye.

**b)** nayê dewisîn û lîncibûna wê ne piştguhkirî ye.

**c)** nayê dewisîn û ne lîncibûyî ye.

**d)** tê dewisandin û lîncibûna wê ne piştguhkirî ye.

**3.** Rûbera parçeya xortûmekê li cem cihê derbasbûna avê $\boldsymbol{s_1}$ e û leza herikîna avê li cem wî cihî $\boldsymbol{v_1}$ e, wê demê li gorî ku rûbera parçeyê $\boldsymbol{s_2 = \frac{1}{6} s_1}$ ye, leza derketina avê $\boldsymbol{v_2}$ ji dawiya xortûmê yeksanî:

**a)** $v_1$ **b)** $\frac{1}{4} v_1$ **c)** $6\ v_1$ **d)** $16\ v_1$

**2- Bi riya têkiliyên bîrkariyê, raveyeke zanistî bidin:**

- Cudahiya leza herikîna avê di parçeyên ku rûberên wan cuda bin, di riya çemekî ku herikîna wê asoyî be.
- Derketina perdeyên pencereyên vekirî li derveyî tirimbêlê, dema ku bi lezeke destnîşankirî tev digere.
- Nehevbirîna xêzikên herikînê ji ronekê re.
- Rakêşbûna avê bi lezeke mezin ji kuneke biçûk ku di dîwarê xortûma ku avê vediguhêze, çêbûyî.
- Rûbera kunên gazê di agirpija gazê de gelekî biçûk in.
- Dema ku bahoz radibe, divê pencere di malên darî de vebin.
- Tirimbêlên agirkujiyê dikare avê bigihîne bilindahî û dirêjahiyên mezin.

**3- Girêftariyên li jêr çare bikin:**

**1.** Ji bo dagirtina depoya avê bi qebareya $\mathbf{600\ L}$ bi avê, xortûma ku rûbera parçeya wê $\mathbf{5\ cm^2}$ hat bikaranîn, ev bikaranîn $\mathbf{300\ s}$ ma.

**a)** Navîniya diravêtina qebareyî $\mathbf{Q'}$ bibînin.

**b)** Leza diravêtina avê ji kuna xortûmê bibînin.

**c)** Heger parçeya xortûmê bibe $\mathbf{\frac{1}{4}}$ ji qebareya xwe ya resen, gelo wê leza deravêtina avê ji kuna xortûmê çi qas be?

**2.** Avhilmijek bi riya tûpeke ku rûbere parçeya wê $\boldsymbol{s_1 = 10\ cm^2}$ be, avê ji depoya erdê radike depoyeke li ser avahiyekê, heger rûbera parçeya tûpa ku di depoya jorîn de vala dike $\boldsymbol{s_1 = 5\ cm^2}$ be û navîniya deravêtina avê $\boldsymbol{Q' = 0.005\ m^3/s}$ be:

**a)** Leza avê dema bikeve tûpê de û li cem kuna derketina wê ji tûpê, bibînin.

**b)** Heger dewisîna atmosifêrê $\boldsymbol{1 \times 10^5\ Pa}$ be û bilindahiya di navbera her du devan de $\boldsymbol{20\ m}$ be, nirxê dewisîna avê dema bikeve tûpê de bibînin.

**c)** Karê mîkanîkî yê ji bo deravêtina avê (hilmijantina) $\boldsymbol{100\ L}$ av li depoya jorîn bibînin.

$$g = 10\ m/s^2\ \ ,\rho_{H_2O} = 1000\ kg/m^3$$

# WANE 5

## RÊJEYA TAYBET

Gelek qasiyên fîzîkî, qasiyine rêjeyî ne, ango nirxê wê bi cudahiya komika hevrûkirinê re tê guherîn, gelo ev tişt li ser demê tê bikaranîn?

- Gelo bi cudahiya komika hevrûkirinê, dema diyardeyê cuda dibe?
- Ji bo dirêjahî û sengê çawa ye?

### Her du dîtaneyên Aynîştayn:

- Kesekî bitevger tîrekê bi aliyê tevgera xwe ve berdide, gelo leza tîrê li gorî kesê ku tîr berda û li gorî çavdêrekî din ku li ser rê rawestiyayî ye cuda ye?
- Heger kesekî bitevger gulopek bi aliyê tevgera xwe ve vêxist, dibe ku leza şewqa ji gulopê derketî li gorî wî kesî, heman be li gorî çavdêrekî rawestiyayî?

## Encam:

1. Lez têgîneke rêjeyî ye, bi cudahiya komika hevrûkirinê cuda dibe.
2. Çi qasî leza çavkaniya şewqî yan leza çavdêr cuda be, leza belavbûna şewqê di heman cihî de xwecih e
   - Her du zanyarên Maykilson û Morlî di çalakiya xwe de ji bo tekezkirina hebûna valahiyê (cihê belavbûna şewqê), hewil dan ku cudahiya di navbera leza tîreke şewqî ya bi aliyê zivirandina erdê li derdora rokê hatiye avêtin û leza tîreke şewqî ya li ser wê tîk de lêkolîn bikin, ji ber ku leza belavbûna şewqê di hemû rewşan de heman bû.
   - Çalakiya Maykilson û Morlî, yek ji sedemên biserketina teoriya rêjeyî ji Aynîştayn re ye, yê ku hebûna valahiyê tune kir û tekez kir ku çi qasî leza çavkaniya şewqî yan jî leza çavdêr cuda bibe, leza şewqê di cihekî destnîşankirî de xwecih dimîne.

## Encam:

Leza belavbûna şewqê di valahiyê de: $c = 3 \times 10^8 \, m/s$ û ev jî dîtaneya yekem a Aynîştayn e.

**Bihizirin:**

Çalakiyeke dîtina lezîna kêşana erdê bi pendola giraniyî ya xwerû di laberatuwarê de çêbû, heman çalakî di hundirê baseke ku bi lezeke rast a birêkûpêk diçe, dubare bû.

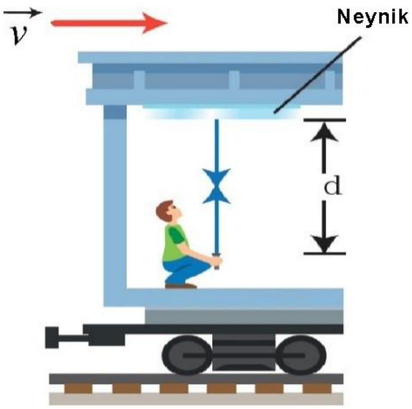
- Gelo wê encamên her du çalakiyan cuda bin?
- Li ser hemû zagonên fîzîkî pêk tê yan na?

## Encam:

Zagonên fîzîkî di hemû komikên hevrûkirina bêlivî de, heman in û ev jî dîtaneya duyem a Aynîştayn e.

## Firehbûna demê:

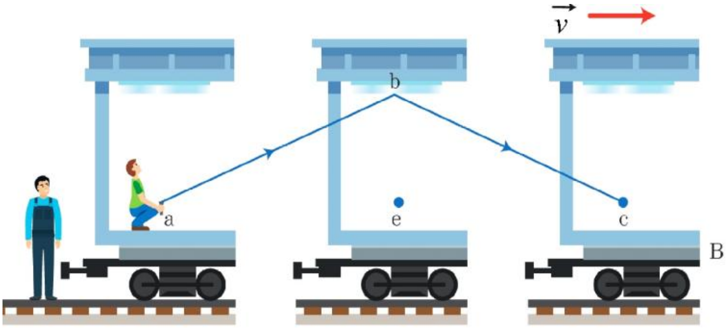
Heger tirênek bi lezeke xwecih $\boldsymbol{v}$ bimeşe ku li ser fergûneke wê mirêkek rast bicihbûyî be û di destê çavdêrekî di heman fergûnê de rawestî be û bi qasî $\boldsymbol{d}$ ji çavkaniyeke şewqî bilind be, çavdêr çirûskekê bi aliyê mirêkê dişîne û di vegerandina li çavkaniyê de dema $\boldsymbol{t_0}$ ku ev çirûsk dibe, qeyid dike.




Durahiya leza tîra şewqî $\boldsymbol{c}$ wiha ye:

$$\boldsymbol{c} = \frac{\boldsymbol{2d}}{\boldsymbol{t_0}} \Rightarrow \boldsymbol{d} = \frac{\boldsymbol{c.t_0}}{\boldsymbol{2}} \ldots\ldots (1)$$

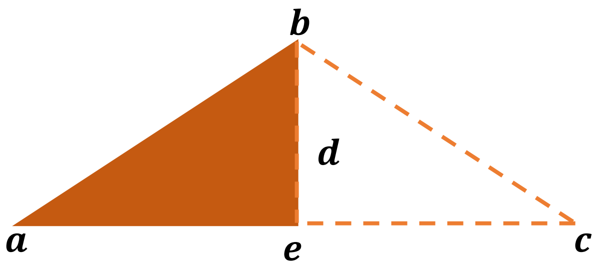
Lê li gorî çavdêrekî derveyî tirênê rawestî û di kêliya deravêtina çirûskê de li ser heman rastekê bi çavkaniya şewqî re be, dema ku çirûsk dide ji bo vegere çavkaniyê, $\boldsymbol{t}$ ye, gelo $\boldsymbol{t_0} = \boldsymbol{t}$ ye?




Li gorî çavdêrekî derveyî, dirêjahiya ku çirûsk qut dike ji bo vegere çavkaniyê $(\boldsymbol{ab} + \boldsymbol{bc})$ e.

Heger em mîkanîka kilasîkî pêk bînin, em ê leza tirênê $\boldsymbol{v}$ li leza şewqê zêde bikin, lê li gorî teoriya rêjeyî ya taybet, leza şewqê bi guherîna çavdêr re nayê guherîn.

- Çawa şewq dirêjahiyeke mezintir bi heman lezê qut kir?




$$c = \frac{ab + bc}{t}$$

$$c = \frac{2ab}{t}$$

$$ab = \frac{c.t}{2}$$

Çavkanî ji xala $a$ veguhest xala $c$:

$$v = \frac{ac}{t}$$

$$v = \frac{2ae}{t}$$

$$ae = \frac{v.t}{2} \dots\dots (2)$$

Li gorî teoriya Pythagoras di sêgoşeya tîk $abe$ de:

$$t = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}} \dots\dots (3)$$

Ji têkiliya $(1)$:

$$t_0 = \frac{2d}{c} \dots\dots (4)$$

Bi parvekirina têkiliya $(3)$ li ya $(4)$:

$$\frac{t}{t_0} = \frac{c}{\sqrt{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

Rêjeyê bi nav dikin: $\Upsilon = \frac{t}{t_0}$

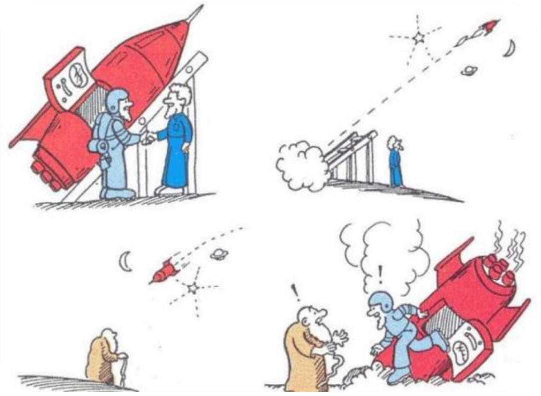
$$\Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \Upsilon = \frac{t}{t_0} > 1 \Rightarrow t = \Upsilon . t_0$$

**Encam:**

Di tevgerê de, dem fireh dibe.

## Rahêneke çarekirî: Cudakirina cêwiyan:

Heger du birayên cêwî hebin, birayek astronotek be û bi lezeke nêzî leza şewqê di valahiyê de $\boldsymbol{v} = \frac{\sqrt{899}}{30}\mathbf{c}$ bifire û heger di rêwîtiya xwe de li gorî dempîveke pê re saleke tenê ma, gelo birayê wî yê cêwî li ser erdê çi qasî li benda wî ma ji bo ji rêwîtiya xwe vegere?



**Çare:**

Dema ku dempîva bi astronot re qeyd kir: $\boldsymbol{t_0} = \mathbf{1\ sal}$

Dema ku çavdêrê derveyî (birayê cêwî yê li ser erdê ma $\boldsymbol{t}$) qeyid kir:

$$t = \Upsilon . t_0$$

$$\Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\frac{899}{900} . c^2}{c^2}}} \Rightarrow \Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{899}{900}}} = 30$$

$$t = 30 \times 1 = 30 \text{ sal}$$

Ango: Birayê cêwî sih salî ma heta ku rêwîtiya birayê wî yê cêwî ku li gorî wî saleke tenê ma, bi dawî bû

## Kurtbûna dirêjahiyan:

Heger du çavdêr hebin, çavdêrek di rawestgeha deravêtinê de be li ser erdê û yê din jî ropotek di keşteyeke valahiyê de be ku li gorî çavdêrê yekem, bi aliyê rokê de, bi lezeke xwecih $\boldsymbol{v}$ ji rawestgeha valahiyê derket.

Hejmarînk di rawestgehê de, li ser erdê ev qeyid kirin:

Dirêjahiya di navbera erd û rokê de $\boldsymbol{l_0}$ e û dema ku keşteya valahiyê di rêwîtiya xwe de qut dike $\boldsymbol{t}$ ye:

$$l_0 = v\,.t$$

Hejmarînkên keşteya valahiyê van daneyan qeyid dike:

Dirêjahiya di navbera erd û rokê de $\boldsymbol{l_0}$ e û dema rêwîtiyê $\boldsymbol{t_0}$ e: $\boldsymbol{l = v\,.t_0}$

Bi parvekirina her du têkiliyan li hev:

$$\frac{l_0}{l} = \frac{t}{t_0}$$

Lê dema ku rêwîtiya keşteya valahiyê qut dike, li gorî çavdêrê yekem fireh dibe, ango:

$$t = \Upsilon.t_0 \Rightarrow \frac{l_0}{l} = \frac{\Upsilon.t_0}{t_0} \Rightarrow l = \frac{l_0}{\Upsilon}$$

Lê li gorî dirêjahiya keşteya valahiyê (li gorî rêgeha leza wê) dibe $\boldsymbol{l}$ li gorî çavdêrî erdê di rawestgehê de, ji ber ku keşteya valahiyê li gorî wê bitevger e û li gorî çavdêrê di keşteya valahiyê de dibe $\boldsymbol{l_0}$, wê demê dirêjahiya keşteyê li gorî çavdêrê li erdê kintir e li gorî çavdêrê di keşteyê de.

## Encam:

Di tevgerê de, dirêjahî kin dibe (tê hev).

## Rahênaneke çarekirî (1):

Tirimbêlek di $\mathbf{50}\ \boldsymbol{s}$ de $\mathbf{1}\ \boldsymbol{km}$ qut dike, li gorî çavdêrek li ser erdê, gelo li gorî çavdêrek ji keşteyeke valahiyê ku ji erdê bi leza $\boldsymbol{v} = \mathbf{0.95}\ \boldsymbol{c}$ çûye, heman dirêjahiyê di çi qas dem de qut dike?

Li gorî ku:

$$\Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9025}} = 3.2$$

**1)** Heger keştî li ser xêzika rêgeha tirimbêlê, tîkî biçe.

**2)** Heger bi xêzika rêgeha tirimbêlê deravêtî be.

## Çare:

**1)** Kêmbûn di dirêjahiyê de tune ye, ji ber ku aliyê keşteya valahiyê li ser dirêjahiya qutkirî tîk e, ji ber vê yekê li gorî çavdêr, tirimbêl $\mathbf{1}\ \boldsymbol{km}$ qut dike, di demekê de bi qasî:

$$t = \Upsilon . t_0 \Rightarrow t = 3.2 \times 50 = 160\ s$$

Li gorî çavdêr, kêmbûn di dirêjahiyê de çêdibe bi qasî:

$$l = \frac{l_0}{\Upsilon} \Rightarrow l = \frac{1}{3.2} = 0.312\ km$$

**2)** Li gorî çavdêr di keşteyê de, tirimbêl dirêjahiyeke $\mathbf{1}\ \boldsymbol{km}$ di $\mathbf{50}\ \boldsymbol{s}$ de qut dike, ango li gorî çavdêr di keşteyê de, tirimbêl $\mathbf{0.312}\ \boldsymbol{km}$ di $\mathbf{160}\ \boldsymbol{s}$ de qut dike, li gorî:

$$\Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \Upsilon = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9216}} = 3.5$$

## Rahênaneke çarekirî (2):

Heger dema rasteqînî ji mayîna parçekokekê di laberatuwarekê de $\mathbf{100 \times 10^{-6}\ s}$ be:

**1)** Heger di laberatuwarê de parçekok bi leza $\boldsymbol{v = 0.96\, c}$ bitevger be, gelo dema mayîna wê çi qas e?

**2)** Di dema mayîna parçekokê di laberartuwarê de, gelo dirêjahiya ku qut dike çi qas e?

**3)** Li gorî çavdêrekî di komika spartina parçekokê de xwecih, gelo dirêjahiya ku parçekok qut dike, çi qas e?

## Çare:

**1)** Di riya çavdêrekî li gorî bûyerê xwecih, dema rasteqînî ji gewdeyekê re tê pîvan û ev tişt tê wateya ku:

$$t_0 = 100 \times 10^{-6}\ s$$

Bi pêkanîna hevkêşeya derengiya demî ji bo dîtina demê:

$$t = \Upsilon . t_0 \Longrightarrow t = 3.5 \times 10^{-4}\ s$$

**2)** Dirêjahiya ku parçekok di laberatuwarê de di dema mayîna wê de, qut dike:

$$l_0 = v\,.\,t \Longrightarrow l_0 = 0.96 \times 3 \times 10^{8} \times 3.5 \times 10^{-4} \Longrightarrow$$

$$l_0 = 100800\ m$$

**3)** Dirêjahiya ku parçekok li gorî çavdêrekî xwecih di komika
spartina parçekokekê de, qut dike:

$$l = \frac{l_0}{\Upsilon} \Longrightarrow l = 28800\ m$$

## Hînadariyên refî:

1) Dirêjahiya keşteyeke valahiyê li ser erdê $\mathbf{100\,m}$ ye, dema firandinê dirêjahiya wê bû $\mathbf{99\,m}$, gelo leza keşteyekê çi qas e?

2) Çavdêrek li ser peyarêyeke rawestgeha tirênê rawestî ye, tirênek bi leza $\boldsymbol{v = 0.8\,c}$ derbas dibe , ev çavdêr dirêjahiya peyareyê dipêve û dibîne ku $\mathbf{60\,m}$ ye û dibîne ku destpêka tirênê û dawiya wê li ser her du dawiyên peyarêyê yeksaneyî ne.

   **a)** Li gorî çavdêrê li ser peyarêyê rawestî, dema pêwîst a ku derbasbûna tirên di xaleke xwecih re li ser peyareyê qut dike, çi qas e?

   **b)** Dirêjahiya rasteqînî ji tirênê re (weke ku siwarekî tirênê dipîve) çi qas e?

   **c)** Dirêjahiya peyarêyê weke ku siwarekî tirênê dipîve, çi qas e?

   **d)** Li gorî xaleke xwecih li ser peyareyê, dema pêwîst a ku derbasbûna tirên qut dike weke ku siwarekî tirênê dipîve, çi qas e?

## Hemberiya sengê – enerjî:

Di mekanîka kilasîk de seng ji bo lezên ku li gorî leza belavbûna şewqê di valahiyê de biçûk in, xwecih e. Lê belê di mekanîka rêjeyî de seng tê guhartin û bi zêdebûna lezê re zêde dibe.

$$m = \gamma\, m_0$$

Li gorî ku:

$\mathbf{m}$**:** Di tevgerê de seng e, $\mathbf{m_0}$ **:** Di rawestandinê de seng e.

Ji ku derê ev zêdebûn di sengê de hatiye?

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m} - \mathrm{m}_0$$

$$\Delta\mathrm{m} = \Upsilon.\mathrm{m} - \mathrm{m}_0$$

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m}_0 \left[\frac{1}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{\frac{1}{2}}} - 1\right]$$

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m}_0 \left[(1 - \frac{v^2}{c^2})^{-\frac{1}{2}} - 1\right]$$

Li gorî zagona giroverkirinê $(\mathbf{1} + \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})^{\boldsymbol{n}} \approx \mathbf{1} + \boldsymbol{n}\,\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}$ : $\boldsymbol{\varepsilon} \ll \mathbf{1}$ ji bo lezên biçûk:

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m} - \mathrm{m}_0 = \mathrm{m}_0\,(1 + \frac{v^2}{2c^2} - 1)$$

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m} - \mathrm{m}_0 = \frac{\frac{1}{2}\mathrm{m}_0\,v^2}{c^2} \ldots\ldots(1)$$

$$\Delta\mathrm{m} = \frac{E_k}{c^2}$$

## Encam:

Dema ku gewde tev digere, bi qasiyeke yeksanî enerjiya xwe ya tevgerî belavî hejmareke xwecih $\boldsymbol{c^2}$, senga wê zêde dibe, ango seng hemberî enerjiyê ye.

### Enerjiya tevahî di mîkanîka rêjeyî de:

Têkiliya $(\mathbf{1})$ hevdanî xweciha $\boldsymbol{c^2}$ bikin:

$$\mathrm{m}.c^2 - \mathrm{m}_0.c^2 = \frac{1}{2}\mathrm{m}_0\,v^2$$

$$\mathrm{m}.c^2 - \mathrm{m}_0.c^2 = E_k$$

$$E = E_0 + E_k$$

## Encam:

Enerjiya tevahî di mîkanîka rêjeyî de, komkirina her du enerjiyên potensiyel û tevgerî ye.

Ango: Enerjiya potensiyelê: $\boldsymbol{E_0 = \mathrm{m}_0 . c^2}$

Enerjiya tevgerî: $\boldsymbol{E_k = E - E_0}$

Enerjiya tevahî: $\boldsymbol{E = \mathrm{m} . c^2}$

## Rahênaneke çarekirî:

Elektronek di tûpeke televîziyonê de, bi enerjiyeke tevgerî $\boldsymbol{27 \times 10^{-16}\ J}$ tev digere.

**1)** Ji bo zêdebûna di senga elektronê de bi encama enerjiya wê ya tevgerî, rêjeya sedî bibînin.

**2)** Enerjiya rawestiyî bibînin.

Heger $\boldsymbol{c = 3 \times 10^8\ m/s}$ , $\boldsymbol{\mathrm{m_e} = 9 \times 10^{-31}\ kg}$ be.

## Çare:

**1)**

$$E_k = \mathrm{m}.c^2 - \mathrm{m}_0.c^2$$

$$E_k = (\mathrm{m} - \mathrm{m}_0)\ c^2$$

$$\mathrm{m} - \mathrm{m}_0 = \frac{E_k}{c^2}$$

$$\mathrm{m} - \mathrm{m}_0 = \frac{27 \times 10^{-16}}{(3 \times 10^8)^2} = 3 \times 10^{-32}\ kg$$

$$Rêjeya\ sedî = \frac{3 \times 10^{-32}}{9 \times 10^{-31}} \times 100 = 3.33\ \%$$

**2)** Enerjiya elektrona rawestiyî:

$$E_0 = \mathrm{m}_0.c^2$$

$$E_0 = 9 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$E_0 = 81 \times 10^{-15}\ J$$

## Kengî zagonên rêjeyiyî bi kar tên?

Di dema niha de ji bo mirov xurtirîn transport, mekoka valahiyê ye ya ku leza wê nêzî $33000\ km/h$ e, em vê lezê bi leza şewqê di valahiyê de hevrû bikin, gelo nêzî wê ye? Gelo ji bo lêkolîna tevgera mekoka valahiyê sûd ji pêkanîna zagonên rêjeyiyî heye?

## Encam:

Ji bo lezên biçûk li gorî leza belavbûna şewqê di valahiyê de, xurtkirina teoriya rêjeyiyî ya taybet piştguh dibe û têkiliyên fîzîkî li cem wê li teşeya xwe ya kilasîk vedigere.

## Ronîkirineke zanistî

Di jiyana me ya rojane de, rêjeyiyî: Pêdiviya hinek lêkolîn bi teoriya rêjeyiyî heye, mîna:

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

1. Heger bi lezeke nêzî leza belavbûna şewqê di valahiyê de, du rokêtên di valahiyê de ber bi hev tev bigerin û di kêliyekê de rokêta yekem gulopa xwe vêxist, wê demê leza şewqa rokêta yekem li gorî rokêta duyem ev e:
   **a)** Heman leza şewqê ye.
   **b)** Ji leza şewqê mezintir e.
   **c)** Ji leza şewqê biçûktir e.
   **d)** Nêzî leza şewqê ye.
2. Heger koma keşteya valahiyê ya ku bi lezeke nêzî leza belavbûna şewqê di valahiyê de, tomara pêşbaziya fotbolê dibînin ku dema wê demjimêrek û nîv be, çavdêrek erdê bi teleskopeke gelekî tekûz wan dişopîne, ji ber vê yekê dema pêşbaziyê dibîne ku:
   **a)** heman e.
   **b)** jê dirêjtir e.
   **c)** jê kintir e.
   **d)** sifir e.

**3- Girêftariyên li jêr çare bikin:**

**1-** Elektronek bi leza $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$ tev digere, qasiya tevgera elektronê li gorî zagonên mîkanîka kilasîk bibînin û piştre li gorî mîkanîka rêjeyî bibînin, kîjan ji wan a herî rast e?

**2-** Senga rawestiyî ji proton re $\mathbf{m_p} = \mathbf{1.67 \times 10^{-27}}\ \boldsymbol{kg}$ e û enerjiya wî ya tevahî yeksanî sê qatên enerjiya wî ya rawestiyî ye, enerjiya wî ya rawestiyî û ya tevgerî û senga wî di mîkanîka rêjeyî de bibînin.

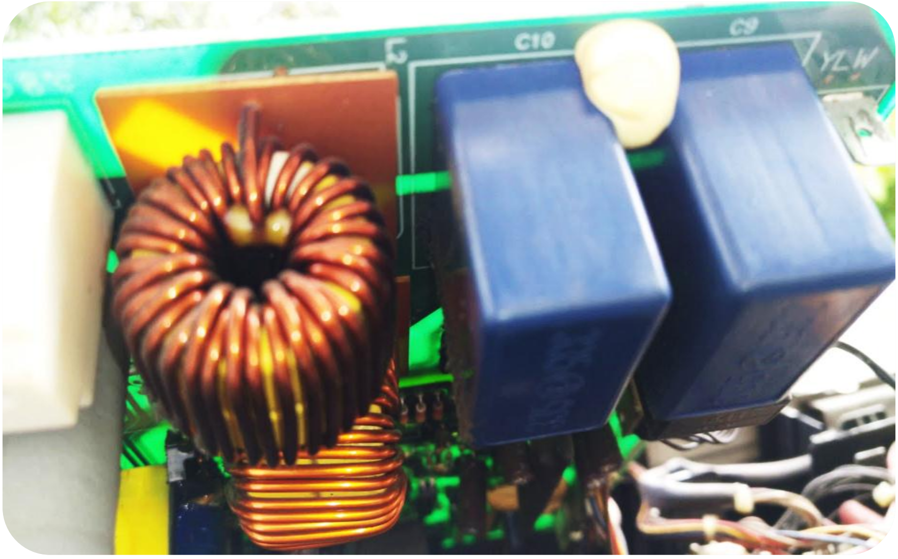
# BEŞA DUYEM

## ELEKTIRÎK Û MEGNETÎZ

**Waneya Yekem: Arandina Elektromegnetîzî**

**Waneya Duyem: Herikîna Guherbar A Sayinî**

**Waneya Sêyem: Guhêreka Elektirîkî**

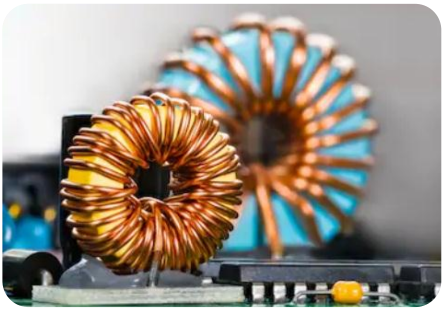


## WANE 1

# ARANDINA ELEKTROMEGNETÎZÎ

Tirêna megnetîzî bi hêza rakirina megnetîzî kar dike, ango di karê xwe de megnetîz bingeh digire, di vê tirênê de motorên mîkanîkî tune ne û nikare li ser sikeya tirênê bimeşe, ji ber vê yekê bi riya balgeheke megnetîzî ya ku li ser çêkirina navberên elektiromegnetîzî yên xurt kar dike, bi ser hewayê dikeve, taybetiya vê cureya tirênan ku leza wê gelekî bilind e.

Dema nêzîkkirina du megnetîzan jev, hevkêşan di navbera cemserên cude de çêdibe, li gorî ku her megnetîzek navbereke megnetîzî çêdike û bi riya wê li megnetîza din bandor dike, her wiha dibe ku tişt bên daliqandin û li ser vê bingehê ev cûreyên tirênan çêbûn û pêş ketin, li gorî sîstema hilawîstina elektirodînamîkî yan jî sîstema hilawîstina elektiromegnetîzî, tirêna megnetîzî tê dîzayinkirin.



Ji ber ku her tim daxwaziya enerjiyê heye û bi taybet enerjiya elektirîkî, pêdivî bi lêgerîna jêderên nû jê re heye, ji bo bidestxistina enerjiyê û bi taybet a paqij, jederên xwezayî mîna av û ba berhem bûn, her wiha bendav ava bûn û li ser kunên

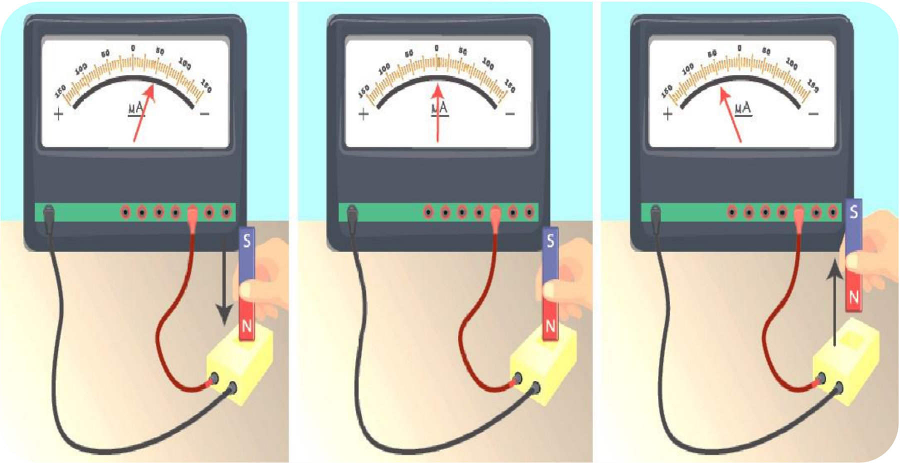
wan perî hatin danîn ji bo veguherîna enerjiya mîkanîkî ya avê bi enerjiya elektirîkî, gelo karê van periyan çawa ye? Çêkirina herikîna elektirîkî û bidestxistina enerjiya elektirîkî çawa ye?

## Zagona Faraday:

### Çalakî (1):

**Gavên çalakiyê:**

1. Dewireya di teşeya diyarkirî de, çêkin.
2. Cemsereke megnetîzê nêzî ruyekî têla badokî bikin li gorî tewareya wê, piştre nîşandera pîvanka mîkroempêrê bibînin, gelo hûn çi dibînin?
3. Megnetîzê li cem ruyekî wê bi cih bikin û nîşandera pîvankê bibînin, gelo hûn çi dibînin?
4. Megnetîzê dûrî ruyê têla badokî bikin û nîşandera pîvankê bibînin, gelo hûn çi dibînin?
5. Bi nêzîkkirin û dûrkirina megnatîzê di demeke kêmtir de (zêdebûna leza nêzîkkirin û dûrkirina megnatîzê), çalakiya bûrî dubare bikin, gelo nîşandera pîvankê çawa dibe?



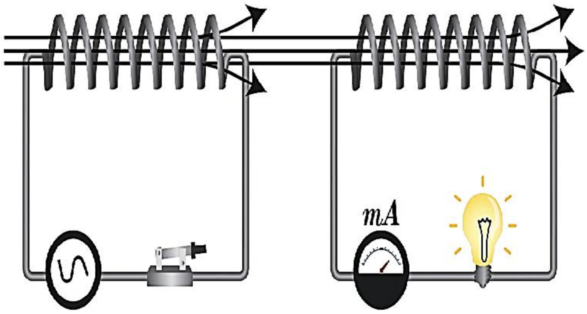
## Çalakî (2):

**Amûrên pêwîst:**

Du têlên badokî, jeneretora herikîneke guherbar a sayinî, jeneretora herikîneke domdar, gilopeke elektirîkî, têlên pevgirêdanê, pîvanka milîempêr.

**Gavên çalakiyê:**

1. Her du aliyên têla badokî ya yekem bigihînin pirîzeke jeneretora herikîneke elektirîkî ya guherbar a sayinî.
2. Têla badokî ya duyem deynin li gorî ku tewareya wê li ser tewareya têla badokî ya yekem yeksaneyî be û bi riya têlên pevgirêdanê her du aliyên wê bigihînin gilopa elektirîkî û pîvanka mîkroempêr.
3. Dewireya têla badokî ya yekem bigirin û gilopa elektirîkî û pîvanka milîempêr di dewireya duyem de bişopînin, gelo hûn çi dibînin?
4. Piştî hevguherîna jeneretora herikîna domdar bi jeneretora herikîna guherbar, çalakiya bûrî dubare bikin, gelo hûn çi dibînin?




## Encam:

Li gorî ku jeneretor di dewireya duyem de tune ye, lê herikîneke elektirîkî di wê dewireya xwedî gilop û pîvanka milîempêr de çêdibe, ji ber vê yekê herikîna di dewireya duyem de çêkirî, encama arandina elektiromegnetîzî ye û bi navê herikîna elektirîkî ya arîner tê naskirin.

**Çawa ev diyarde şîrove dibe?**

1. Nêzîkkirin an jî dûrkirina megnetîzê, diravêtina megnetîzî dûr dixe (Bi zêdebûn an jî kêmbûn), her wiha hêzeke elektirîkî, livîner û arîner çêdibe û dibe sedema derbasbûna herikîna elektirîkî ya arîner.
2. Ronîkirina gilopa di navbera her du aliyên têla badokî ya duyem de û xwarbûna nîşandera pîvanka mîkroempêr, tê wateya çêbûna herikîneke arandî li gorî ku tu têleke badokî nehatiye tevgerandin, ev jî ji ber ku têla badokî ya yekem zeviyeke megnetîzî, guherbar û sayinî çêdike û her wiha diravêtina megnetîzî ya ku têla badokî ya duyem derbas dike tê guherîn, her wiha hêzeke livîner, elektirîkî û arîner çêdibe ku dibe sedema derbasbûna herikîna elektirîkî ya arandî.

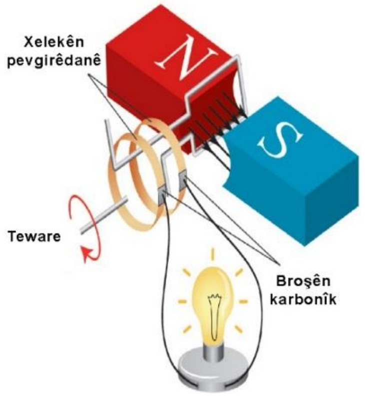
## Zagona Faraday:

Heger diravêtina megnetîzî ya ku dewireyeke girtî derbas dike bê guherîn, wê demê herikîneke elektirîkî ya arîner tê de çêdibe û ev herikîn bi berdewamiya guherîna diravêtinê, berdewam dike heta ku li cem bicihbûna diravêtina megnetîzî ya arîker bibe sifir.

## Pêkanînên arandina elektromegnetîzî:

**1. Jeneretora herikîna guherbar a sayinî $AC$ (Pêvajoyek):**

Ji dorpêçekê pêk tê ku ew dorpêç ji $N$ pêçanên heman pêk tê, rûbera her pêçanekê $s$ ye, têlên wê şîner, cudakirî û di heman alî de pêçayî ne, di herêmeke zeviyeke megnetîzî ya birêkûpêk $\vec{B}$ de li derdora tewareyekê dizivire, her du aliyên pêçekê du



xelekên $\boldsymbol{R_1, R_2}$ pevgihandî ye ku tewareya zivirandinê di navenda her du xelekan re derbas dibe, bi zivirandina pêçekê her du xelek dizivirin û dibe pêveka her xelekeke kanzayî (şîner) ($\boldsymbol{K_1, K_2}$) û her du biroşên karbonîk pêçekê digihînin dewireya derveyî weke di teşeyê de.

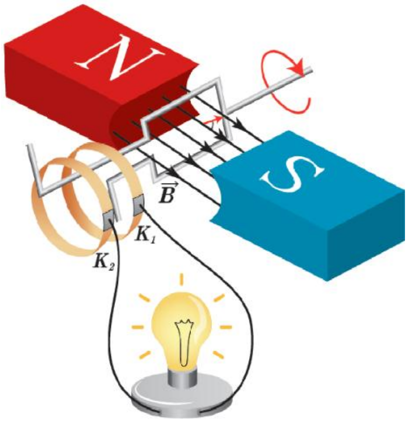
## Çalakî (1):

Dema ku pêçek dizivire:

Goşeya di navbera rasteka tîk li ser teqaleya pêçekê û tîra zeviya megnetîzî $\vec{B}$ çawa dibe?

Gelo wê demê diravêtina megnetîzî tê guherîn?

Heger leza goşeyî ya ku dorpêç pê dizivire xwecih be, têkiliya ku $\boldsymbol{a}$ û demê bi hev ve girê dide, binivîsin.




### Dîtina têkiliya hêza livîner, elektirîkî û arîner:

Heger dema zivirandinê di kêliyekê de rasteka tîk li ser teqaleya dorpêçê bi tîra zeviya megnetîzî $\vec{B}$ re goşeyeke bi qasî $\boldsymbol{a}$ çêke, wê demê diravêtina megnetîzî $\boldsymbol{\Phi}$ ya ku ruyê dorpêçê derbas dike bi vî awayî ye:

$$\bar{\Phi} = N\, B\, s \cos a$$

Heger leza goşeyî ji zivirandina dorpêçê $\boldsymbol{\omega}$ re xwecih be, wê demê goşeya $\bar{a}$ ku dorpêç di demeke $\boldsymbol{t}$ de dizivire bi vî awayî ye:

$$\bar{a} = \omega\, t$$

$\overline{\boldsymbol{a}} = \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t}$ di têkiliya bûrî de bi cih bikin:

$$\overline{\boldsymbol{\Phi}} = \boldsymbol{N}\, \boldsymbol{B}\, \boldsymbol{s} \cos \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t}$$

Hêza livîner, elektirîkî û arîner dibe bi vî awayî:

$$\overline{\boldsymbol{\varepsilon}} = -\frac{\boldsymbol{d}\overline{\boldsymbol{\Phi}}}{\boldsymbol{dt}}$$

$$\overline{\boldsymbol{\varepsilon}} = \boldsymbol{N}\, \boldsymbol{s}\, \boldsymbol{B}\, \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{sin}\, \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t}$$

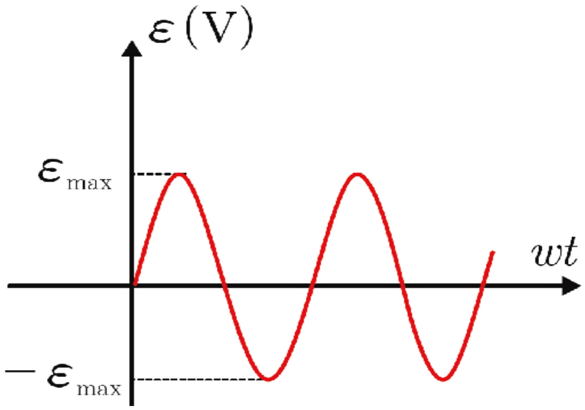
$\overline{\boldsymbol{\varepsilon}}$ maksîmom e dema ku $\boldsymbol{sin}\, \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t} = \boldsymbol{1}$ be, wê demê:

$$\overline{\boldsymbol{\varepsilon}}_{\boldsymbol{max}} = \boldsymbol{N}\, \boldsymbol{s}\, \boldsymbol{B}\, \boldsymbol{\omega}$$

$$\Longrightarrow \overline{\boldsymbol{\varepsilon}} = \overline{\boldsymbol{\varepsilon}}_{\boldsymbol{max}}\ \boldsymbol{sin}\, \boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t}$$

Her wiha herikîna guherbar a sayinî tê bidestxistin, ji ber ku hêza livîner, elektirîkî û arîner $\boldsymbol{\varepsilon}$ sayiniyî guherbar e.

Dema xêzkirina guherînên $\boldsymbol{\varepsilon}$ bi riya $\boldsymbol{\omega}\, \boldsymbol{t}$, ev girafîkî bi dest dikeve:



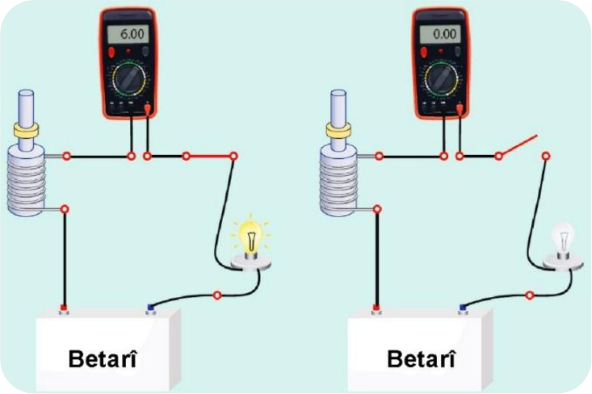
## 2. Awayê karkirina motor:

## Çalakî:

**Amûrên pêwîst:**
Jeneretor, gilopa elektirîkî, pîvanka empêr, motoreke elektirîkî ya biçûk, têlên pevgirêdanê, mifte

**Gavên çalakiyê:**

1. Dewireya di teşe de diyarkirî bi rêzkirin pev bigihînin.
2. Dewireyê bigirin û nehêlin ku motor bizivire bi riya girtina tewareya wê bi dest, gelo hûn çi dibînin?
3. Bihêlin ku motor bizivire, gelo hûn çi dibînin? Hûn çi encamê digirin?




## Encam:

- Dema girtina mifteyê û nezivirîna motorê, gilop ronî dide û pîvank nîşana derbaskirina herikîneke elektirîkî xwedî xurtiyeke destnîşankirî dide.
- Dema zivirîna motorê, leza wê dest bi zêdebûnê dike, her wiha roniya gilopê kêm dibe û nîşana pîvankê kêm dibe, ev nîşana derbaskirina herikîneke elektirîkî xwedî xurtiyeke biçûktir dide.
- Di motorê de hêzeke livîner, elektirîkî, arîner û dijberî hêza livîner û elektirîkî ya di navbera her du cemserên jeneretorê de çêdibe û bi zêdebûna leza zivirandina motorê, zêde dibe.

- Di motorê de têleke badokî heye, tê re herikîneke elektirîkî derbas dibe, bi bandoriya zeviyeke megnetîzî dizivire û ji ber vê zivirandinê, bi riya têla badokê diravêtina megnetîzî tê guherîn, ev dibe sedema çêkirina hêzeke livîner, arîner û dijber ku li gorî leza zivirandina motorê ye.

## Lêkolîna veguherîna hêza elektrîkî bi hêza mîkanîkî di motorê de bi awayê dîtaneyî:

Dema derbasbûna herikîna elektirîkî di şivika di bin bandoriya zeviya megnetîzî ya birêkûpêk $\vec{\mathbf{B}}$ de, bi hêzeke elektiromegnetîzî bandor dibe ku xurtiya wê bi vî awayî be:

$$\boldsymbol{F = I\,L\,B}$$

Hêza elektiromegnetîzî li ser tevgerandina şivikê bi lezeke xwecih $\boldsymbol{v}$ kar dike û karîna mîkanîkî bi vî awayî ye:

$$\boldsymbol{P' = F\,v}$$

$$\boldsymbol{P' = I\,L\,B\,v}$$

Lê dema veguhestina şivikê bi qasî $\Delta\boldsymbol{x}$ wê demê diravêtina megnetîzî tê guherîn bi qasî:

$$\Delta\boldsymbol{\Phi = B\,L\,v}\,\Delta\boldsymbol{t}$$

Her wiha di şivikê de hêzeke livîner, elektirîkî, arîner û dijber çêdibe ku dijberî derbasbûna herikîna tê de çêkirî be, li gorî zagona Lênz nirxê wê yê mutleq bi vî awayî ye:

$$\overline{\boldsymbol{\varepsilon}}' = \left|\frac{\boldsymbol{d\overline{\Phi}}}{\boldsymbol{dt}}\right| = \boldsymbol{B\,L\,v}$$

Ji bo berdewamiya herikîna jeneretorê, divê karîneke elektirîkî were dayîn: $\boldsymbol{P = \varepsilon'\,I}$

Li gorî ku: $\boldsymbol{P' = I\,L\,B\,v}$

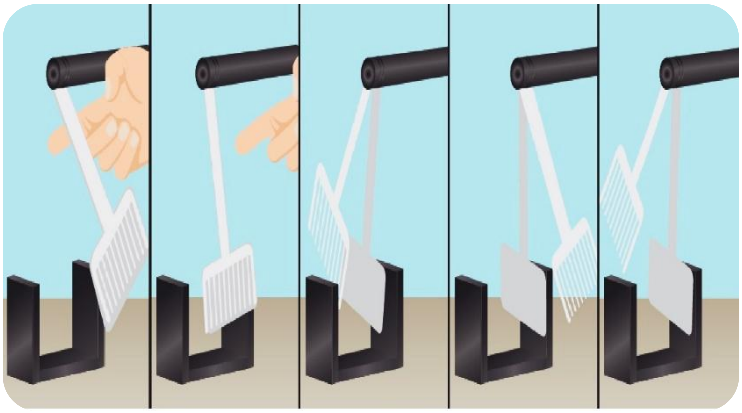
Bi hevrûkirinê: $\boldsymbol{P = P'}$

Bi vî awayî enerjiya elektirîkî bi enerjiya mîkanîkî tê veguherîn.

## 3. Herikîna Fogo:

### Çalakî:

Du pilêtên kanzayî ji sifirê hene, pilêtek bi awayê telaşên jev cudakirî, parçekirî ne mîna diranên şehê, ya din jî tevahî ye ne parçekirî ye, her du pilêt bi aliyê şivikeke sivik ji sifirê bi cih bûne, piştre her du şivik di jor de bi cih bûne ji bo di teqaleyeke tîkî de di navbera du cemserên megnetîkî nalahespî de, her du pilêt hevseng bibin.



**Gavên çalakiyê:**

1. Bi firehiya heman goşeyê li aliyekî cihê rawestandina wan a tîkî, her du pilêtan labirin.
2. Di heman demê de her du pilêtan berdin, ji bo di navbera her du cemserên megnetîzî yê nalahespî de bi azadî bilerizin, gelo hûn çi dibînin? Gelo her du pilêt bi heman firehî an jî bi firehiyeke cuda dilerizin? Hûn ê çawa şîrove bikin?

### Encam:

Dema derbasbûna pilêta tevahî di navbera her du cemserên megnetîza nalahespî de, ji nişka ve lerizîna wê disekine, lê lerizîna pilêta parçekirî bi giranî berdewam dike ku ew lerizîn di navbera her du cemserên megnetîza nalahespî de, li her du aliyên cihê hevsengiya wê ya tîkî, berdewam dike.

## Şîrovekirin:

Dema nêzîkkirina pilêta tevahî ji herêma zeviya megnetîzî, di navbera her du cemserên megnetîza nalahespî de, wê demê di diravêtina megnetîzî ya ku tê re derbas dibe zêdebûn çêdibe û di dema derketina wê de di diravêtina megnetîzî ya ku tê re derbas dibe kêmbûn çêdibe, her wiha di her du rewşan de herikînên arîner çêdibin ku karên dijberî sedema çêkirina wê (lerizîna pilêtê) çêdike, aliyê wê dijberî aliyê tevgera pilêtê ye, her wiha disekine û bi riya jûl weke bandoriyeke têhnî ji wan herikînan re, qasiyeke germahiyê tê de belav dibe.

1. Lê herikînên arîner ên di pilêta parçekirî de gelekî biçûk in, her wiha di lerizîna pilêtê de bandoriya wê gelekî lawaz e.
2. Ew herikînên arîner ên di sengên kanzayî de çêkirî û yên ku di bin bandoriya diravêtineke megnetîzî û guhêr de, bi navê herikînên Fogo tên naskirin.
3. Bandoriyeke ziyander ji herikînên Fogo re di alavên elektirîkî de hene, ji ber vê yekê sengên kanzayî, bêdengbûyî û bi mîna van herikînan bandorkirî, bi sengên kanzayî yên jev cudakirî tên guherîn, ew herikîn tê de qut dibin ji ber vê yekê bandoriya wê kêm dike, ev tiştên ku di hêzên motor, jeneretor û guhêrekên elektirîkî de çêdibe li gorî ku pilêtên van hêzan jev cudakirî ne û ji bo ku ruyên wê rastênhevî xêzikên zeviya megnetîzî bin, tên danîn.
4. Herikînên Fogo di firêmên tirênên nûjen de bi kar tên, yan ji bo rawestandina wê yan jî ji bo hêdîkirina leza wê û bi navê firêmên elektiromegnetîzî tên naskirin, her wiha di alavên diyarkira kanzayan ên di xalên kontrolê de bikarhatî û bi taybet di balafirgehan de bi kar tê, her wiha xwarinpêjê elektironî yê di malan de bikarhatî.

## Arandina xweberî:

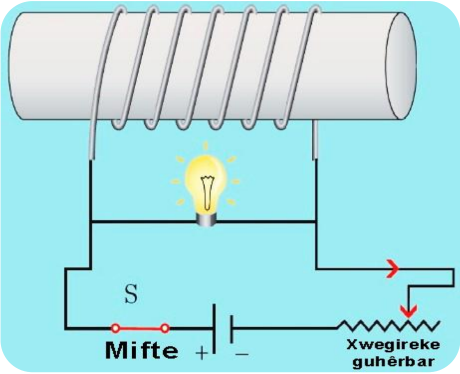
**Çalakî:**

**Amûrên pêwîst:**

Têla badokî, gilop, pîlên elektirîkî, xwegireke guhêr bi mîhengkerekê, pirîz, têlên pevgirêdanê.

**Gavên çalakiyê:**

1. Dewireya di teşe de diyarkirî çêkin.
2. Pirîzê bigirin û mîhengkerê bilivînin heta ku roniya gilopê kêm bibe.
3. Pirîzê vekin, gelo hûn çi dibînin?
4. Careke din pirîzê bigirin, gelo hûn çi dibînin?




## Encam:

1. Dema vekirina pirîzê, gilop bi awayekî xurt ronî dide berî ku vemire, ev nîşan dide ku gilop enerjiyê ji jêdereke din ji bilî jeneretorê bi dest dixe, ji ber ku dewireya wê vekirî ye û ji bilî têla badokî di dewireyê de tune ye, ev jî bi encama arandina xweberî di têla badokî de çêdibe, li gorî ku vekirina pirîzê xurtiya herikîna di têla badokî de derbaskirî kêm dike, her wiha diravêtina zeviya megnetîzî ya di têla badokî de çêbûyî, di heman têla badokî de kêm dibe, ev tişt hêzeke elektirîkî û arîner di têla badokî de çêdike ku ji hêza livîner û elektirîkî ya jeneretorê mezintir be, ji ber ku xurtî gelekî kêm dibe, li gorî ku di dema vekirina pirîzê de nirxê $\frac{di}{dt}$ bilindtirîn nirx e.

2. Dema girtina pirîzê careke din, gilop ronî dide û piştre roniya wê kêm dibe li gorî ku xurtiya herikînê zêde dibe, her wiha diravêtina zeviya megnetîzî ya ji têla badokî çêbûyî, di heman têla badokî de zêde dibe, wê demê hêzeke livîner, elektirîkî û arîner çêdibe ku nahêle herikîn tê re derbas bibe û ji ber kêmbûna nirxê $\frac{di}{dt}$ û zêdebûna derbasbûna herikînê di têla badokî de, herikîn di gilopê re derbas dibe tenê ji bo ronî bike berî ku vemire, wê demê hêza livîner, elektirîkî û arîner di têla badokî de dibe sifir.
3. Têla badokî di heman demê de rola arîker û arîner kir, ji ber vê yekê ji dewireyê re dibêjin dewireya arîner a xweberî û ji buyerê re dibêjin arandina xweberî.

## Xweberiya têla badokî:

Xurtiya zeviya megnetîzî ya ji derbasbûna herikîneke di têla badokî de çêbûyî, bi vê têkiliyê ye:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N\, i}{l}$$

Diravêtina vê zeviyê bi riya heman têla badokî ye:

$$\bar{\Phi} = N\, s\, B$$

$$\bar{\Phi} = N\, s\, (4\pi \times 10^{-7} \frac{N\, i}{l})$$

$$\bar{\Phi} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2\, s}{l}\, i$$

Tê xuyakirin ku qatên xurtiya vê herikînê qasiyeke xwecih e, têla badokî diyar dike û bi navê xweberiya têla badokî $L$ tê naskirin, mena pîvana wê di sîstema navnetewî de hênrî ye $H$ û ew xweberiya dewireyeke girtî ye ku diravêtineke megnetîzî bi qasî wîpereke wê derbas dike dema ku tê re herikîneke bi qasî empêrekê diçe.

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2\, s}{l}$$

$\bar{\boldsymbol{\Phi}} = \boldsymbol{L}\,\bar{\boldsymbol{\imath}}$ di hevkêşeyê de bi cih dikin, têkiliya hêza livîner, elektirîkî, arîner û xweberî bi riya xurtiya herikîna guhêr a ku wê derbas dike, dibe bi vî awayî:

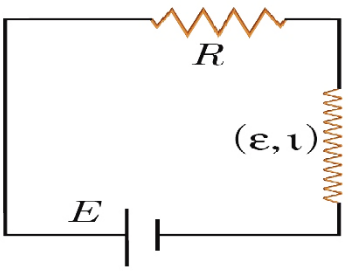
$$\bar{\boldsymbol{\varepsilon}} = -\frac{\boldsymbol{d\bar{\Phi}}}{\boldsymbol{dt}} \Rightarrow \bar{\boldsymbol{\varepsilon}} = -\boldsymbol{L}\,\frac{\boldsymbol{d\bar{\imath}}}{\boldsymbol{dt}}$$

## Enerjiya elektromegnetîzî a di têla badokî de depokirî:

Di çalakiya bûrî de, li gorî cudakirina jeneretorê gilop ronî da, ev tê wateya ku têla badokî enerjî daye gilopê, ango dema girtina pirîzê têla badokî enerjiyê depo dike û dema cudakirina jeneretorê (vekirina pirîzê), enerjiya depokirî vedigerîna gilopê.

Raveya enerjiya elektiromegnetîzî $\boldsymbol{E_L}$ ya di têla badokî de depokirî, encamê bigirin:

Weke di teşe de diyarkirî, bi rêzkirin têleke badokî ku xwebera wê $\boldsymbol{L}$ be bi xwegireke omî $\boldsymbol{R}$ û jeneretoreke ku hêza wê ya livîner û elektirîkî $\boldsymbol{E}$ be, girê bidin.




Li gorî zagona Kêrşof ya duyem:

$$\sum E = R\,i$$

$$E + \bar{\varepsilon} = R\,i$$

$$E - L\,\frac{d\bar{\imath}}{dt} = R\,\bar{\imath}$$

$$E = R\,\bar{\imath} + L\,\frac{d\bar{\imath}}{dt}$$

Her du aliyên têkiliyê hevdanî $\boldsymbol{i\,dt}$ bikin:

$$E\ i\ dt = R\ i^2\ dt + L\ i\ di$$

Qasiya $\boldsymbol{E\,i\,dt}$ ew enerjiya ku jeneretorê di demeke $\boldsymbol{dt}$ de dide, nîşan dike û ev enerjî dibe du beş:

Beşa yekem: $\boldsymbol{R\,i^2\,dt}$ di demekê $\boldsymbol{dt}$ de, enerjiya têhinî windakirî bi riya jûl di xwegirê de, nîşan dike.

Beşa duyem: $\boldsymbol{L\,i\,di}$ di demekê $\boldsymbol{dt}$ de, enerjiya elektiromegnetîzî ya di têla badokî de depokirî nîşan dike.

Dema ku xurtiya herikînê ya di dewireyê de derbaskirî ji sifir heta nirxê xwe yê dawî $\boldsymbol{i}$ zêde dibe, têla badokî enerjiyeke elektiromegnetîzî $E_L$ di demekê $\boldsymbol{t}$ de depo dike:

$$E_L = \int_0^1 L\ i\ di \Rightarrow E_L = \frac{1}{2}\ L\ i^2$$

Ew têkiliya enerjiya elektiromegnetîzî ya di têla badokî de depokirî ye û dibe ku bi vî awayî bê nivîsîn:

$$\Phi = L\ i \Rightarrow L = \frac{\Phi}{i} \Rightarrow E_L = \frac{1}{2}\ \Phi\ i$$

## Rahênaneke çarekirî:

Dirêjahiya têleke badokî $\mathbf{20}\ \boldsymbol{cm}$ ye û dirêjahiya têla wê $\mathbf{40}\ \boldsymbol{m}$ ye, qateke têla badokî heye, xwegira wê ya omî piştguhkirî ye.

1. Xwebera têla badokî bibînin.
2. Heger nîveşkêla pêçanekê $\mathbf{4}\ \boldsymbol{cm}$ be, hejmara pêçanên têla badokî bibînin.
3. Di têla badokî de herikîneke elektirîkî derbas bikin, her wiha di demekê $\mathbf{0.5}\ \boldsymbol{s}$ de xurtiya wê bi rêk û pêk ji sifir heta $\mathbf{10}\ \boldsymbol{A}$ zêde dibe, bi nîşankirina aliyê herikîna arîner hêza livîner û elektirîkî ya di hundirê têla badokî de çêkirî bibînin.

**Çare:** $l' = 40\ m$ $l = 20\ \times 10^{-2} = 0.2\ m$

**1)** Dîtina xwebera têla badokî:

$$L = 4\pi\ \times 10^{-7}\ \frac{N^2\ s}{l}$$

Lê hejmara pêçanan bi vê têkiliyê ye: $\boldsymbol{N = \frac{l'}{2\ \pi\ r}}$

Ruyê têla badokî bi vê têkiliyê ye: $\boldsymbol{s = \pi\ r^2}$

$$L = 10^{-7}\ \frac{l'^2}{l} = 10^{-7}\ \times \frac{1600}{0.2} \quad \Longrightarrow \quad L = 8\ \times 10^{-4}\ H$$

**2)** Dîtina hejmara pêçanên têla badokî:

$$N = \frac{l'}{2\ \pi\ r} \Longrightarrow N = \frac{40}{2\ \pi\ \times\ 4\ \times 10^{-2}} = \frac{4000}{25} = 160\ p\hat{e}\c{c}an$$

**3)** Dîtina hêza livîner, elektirîkî û arîner a di têla badokî de çêkirî:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta\Phi = N\ (\Delta B)\ S \cos\alpha$$

Lê: $\boldsymbol{\alpha = 0}$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 4\ \pi\ \times 10^{-7}\ \frac{N\ I}{l} - 0$$

$$\Delta B = 4\ \pi\ \times 10^{-7}\ \frac{160 \times 10}{0.2} = 32\pi \times 10^{-5} = 10^{-3}\ \mathrm{T}$$

$$s = \pi\ r^2 = 4\ \pi \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\Delta\Phi = 160 \times 10^{-3} \times\ 4\ \pi\ 10^{-4}\ \times 1$$

$$\Delta\Phi = 2 \times\ 10^{-4}\ \mathrm{weber}$$

$$\varepsilon = -\frac{2\ \times\ 10^{-4}}{0.5} = -4 \times\ 10^{-4}\ \mathrm{v} < 0$$

$\overrightarrow{\mathbf{B}}$ arîker e, $\overrightarrow{\mathbf{B'}}$ arîner e, li ser heman rahiştekê ne lê aliyên wan hevdij in.

**4)** $E_L = \frac{1}{2}\ L\ .\ I^2$

$$E_L = \frac{1}{2} \times 8 \times\ 10^{-4}\ \times 100 = 4\ \times\ 10^{-2}\ J$$

## Encam:

- **Zagona Faraday:** Heger diravêtina megnetîzî ya ku di dewireyeke girtî re derbaskirî bê guherîn, herikîneke arîner tê de çêdibe û bi berdewamiya guherîna diravêtinê re ev herikîn berdewam dike ji bo li cem bicihbûna diravêtina megnetîzî ya arîker bibe sifir.
- **Zagona Lênz:** Aliyê herikîna arîner di dewireyeke girtî de li gorî ku karên dijberî sedema çêbûna wê ye çêdike.
- Hêza livîner, elektirîkî û arîner $\boldsymbol{\varepsilon}$ bi:

**a)** Guherîna diravêtina megnetîzî ya arîker $\boldsymbol{d\Phi}$ re di nava rêjedariyeke rast de ye.

**b)** Dema guherîna diravêtina megnetîzî ya arîker $\boldsymbol{dt}$ re di nava rêjedariyeke vajî de ye.

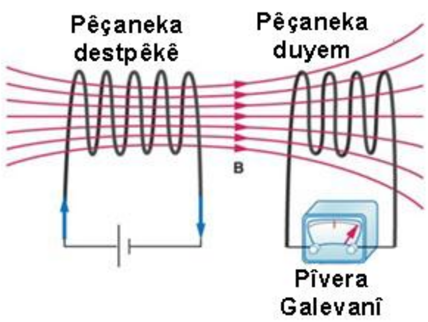
- Zagona Faraday bi sembolan bi vê têkiliyê ye:

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{d\Phi}}{dt}$$

Li gorî ku hêmaya $(-)$ zagona Lênz nîşan dike.

## Arandina elektromegnetîzî di navbera du pêçekan de:

Heger weke di teşeya diyarkirî de, pêçekek di hundirê ya din de be, yan jî pêçekek nêzî ya din be, wê demê guherîna xurtiya herikîna elektirîkî di pêçekekê de, hêzeke livîner, elektirîkî û arîner




di ya din de çêdike û li gorî zagona Faraday, hêza livîner, elektirîkî û arîner bi navîniya guherîna di xurtiya zeviya

megnetîzî ya tê re derbasbûyî rêjedar e, ji ber ku di pêçeka yekem de xurtiya zeviya megnetîzî bi xurtiya herikîna elektirîkî re di nava rêjedariyeke rast de ye.

Ji ber vê yekê:

$$\varepsilon_2 \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_2 = -M\,\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \ldots\ldots\ldots (7)$$

∝: Hêmaya rêjedariyê ye.

Li gorî ku ***M*** karîgeha arînera di navbera du pêçekan de hevguhêr e û bi navê Hênrî tê naskirin, ew bi giştî mena pîvana karîgeha arîner e.

Hêmaya negetîv, aliyê hêza livîner û arîner an jî aliyê herikîna arîner nîşan dike, li gorî ku dibe xwegira guherîna jê re çêbûyî ye (Zagona Lênz).

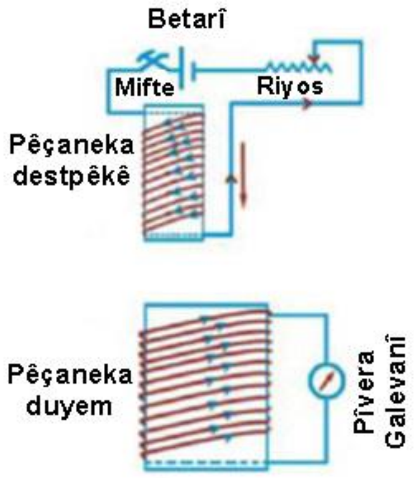
Karîgeha arînera hevguhêr a di navbera du pêçekan de li ser van tiştan disekine:

1. Hebûna tovikeke hesinî di navbera du pêçekan de.
2. Qebare û hejmara pêçanên her du pêçekan.
3. Dirêjahiya di navbera wan de.

Guhêreke elektirîkî, diyartirîn mînak ji arînera hevguhêr re ye.

**Çalakiya arînera elektromegnetîzî di navbera du pêçekan de:**

Dibe ku lêkolîna arînera elektiromegnetîzî di navbera du pêçekan de, bi awayê çalakiyê bi vî awayî be:




Li gorî dewireya di teşe de diyarkirî, pêçekek bi betarî, kilît û riyostayan ve tê girêdan û bi navê pêçeka destpêkê tê naskirin û pêçeka duyem bi pîvanka Gelevanî ya hestiyar ku sifira wê di nîvî de be, tê girêdan, piştre van gavan pêk bînin:

1. Dewireya pêçeka destpêkê bigirin û pêçeka destpêkê nêzî pêçeka duyem bikin, her wiha nîşandera pîvankê bi aliyekî destnîşankirî xwar dibe, ev tê wateya ku hêzeke livîner û arîner di pêçeka duyem de çêbû, ew jî bi encama guherîna xêzikên zeviya megnetîzî yên ku di pêçanên vê pêçekê re derbas dibin û dema dûrxistina pêçeka destpêkê ji pêçeka duyem, nîşander bi aliyê dijber xwar dibe.
2. Pêçeka destpêkê derbasî pêçeka duyem bikin, wê demê xurtiya herikîna elektirîkî ya di pêçeka destpêkê re derbaskirî zêde dibe, her wiha nîşandera pîvankê di pêçeka duyem de bi aliyekî destnîşankirî xwar dibe û dema kêmbûna xurtiya herikîna elektirîkî ya di pêçeka destpêkê re derbaskirî, nîşandera pîvanka di pêçeka duyem de bi aliyê dijber xwar dibe, ev tê wateya çêkirina hêzeke livîner û arîner di pêçeka duyem de, di dema zêdebûna xurtiya herikînê di pêçeka destpêkê de yan jî di dema kêmbûna wê de.

3. Bi hebûna pêçeka destpêkê di hundirê pêçeka duyem de, dewireya pêçeka destpêkê tê kilîtkirin, wê demê nîşandera pîvankê bi aliyekî destnîşankirî xwar dibe, piştre dewireya pêçeka destpêkê vedibe û wê demê nîşandera pîvankê bi aliyê dijber xwar dibe, ev tê wateya ku di dema girtin an jî vekirina dewireyê de hêzeke livîner û arîner di pêçeka duyem de çêdibe.

Bi dahurandina têbîniyên bûrî:

**a) Di van rewşan de, nîşandera pîvankê bi aliyekî destnîşankirî xwar dibe:**

1. Dema nêzîkkirina pêçeka destpêkê li pêçeka duyem.
2. Dema zêdekirina xurtiya herikînê di pêçeka destpêkê de.
3. Dema girtina dewireya destpêkê, dema ku pêçeka destpêkê nêzî pêçeka duyem be.

Di van rewşan de, dema di zeviya megnetîzî ya ku pêçeka duyem wê dibire, çi guherîn çêdibe, hêzeke livîner û elektirîkî di pêçeka duyem de çêdibe û ji bo zeviya megnetîzî ya arîner bi aliyekî dijber be ji bo xwegiriya zêdebûna navbera megnetîzî ya bandorkirî, aliyê hêza livîner, elektirîkî û arîner dijberî aliyê herikîna arîner e (ango dijberî aliyê herikîna di pêçeka destpêkê re derbaskirî ye).

**b) Nîşandera pîvankê bi aliyê hevdij xwar dibe, di van rewşan de**:

1. Dema dûrkirina pêçeka destpêkê ji pêçeka duyem.
2. Dema kêmbûna xurtiya herikînê di pêçeka destpêkê de.

3. Dema vekirina dewireya destpêkê, dema ku pêçeka destpêkê nêzî pêçeka duyem be.

Ev rewşên ku tê de xurtiya zeviya megnetîzî ya bandorkirî kêm dibe û ji bo zeviya megnetîzî ya arîner heman alî be ji bo xwegiriya zêdebûna navbera megnetîzî ya bandorkirî, aliyê hêza livîner, elektirîkî û arîner heman aliyê herikîna arîner e (ango heman aliyê herikîna di pêçeka destpêkê re derbaskirî ye).

Ev têbînî zagona Lênz diyar dike li gorî ku aliyê herikîna arîner xwegiriya guherîna jê re çêkirî, bike.

## Pênaseya Hênrî:

Xwebera dewireyeke girtî ye ku diravêtineke bi qasî wîberekê wê derbas dike, dema ku herikînek bi qasî empêrekê tê re diçe.

Bi pêkanîna zagona Faraday li ser dewireyê:

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \ldots\ldots\ldots (9)$$

Ev jî têkiliya ku hêza livîner, arîner û xweber a di dewireyeke xwedî xwegira piştguhkirî de çêkirî bi herikîna di vê dewireyê re derbaskirî ya xwedî xurtiyeke guhêr ve tê girêdan.

**Li gorî tiştên bûrî, ev sedema tiştên çêdibin:**

Destpêkê hêdî hêdî potensiyela li ser her du aliyên gilop û têla badokî bikarhatî hat rakirin, ev bû sedema zêdebûna xurtiya herikînê hêdî hêdî heta ku gihişte nirxê pêwîst ji bo gilop bi awayekî kêm ronî bibe.

Di pêvajoya duyem de, pirîz hat cudakirin û ji ber ku herikîn ji jeneretorê tune ye, dibe ku gilop rasterast vemire, lê ronîkirina gilopê tê wateya ku enerjiyê ji

jêdereke din bi dest xist û di dewireyê de ji bilî têla badokî tune ye, ev tişt bi encama arandina xweber di têla badokî de çêdibe, li gorî ku cudakirina jeneretorê kêmbûna xurtiya herikîna ku di têla badokî re derbaskirî çêdike, her wiha bi riya heman têla badokî, diravêtina zeviya megnetîzî ji heman têla badokî çêkirî kêm dike, ev tişt hêzeke livîner, elektirîkî û arîner di têla badokî de çêdike û di kêliya cudakirina pirîzê de, nirxê $\frac{di}{dt}$ bilindtirîn nirx e, ev tişt rêjeyî dibe sedema ronîkirineke xurt, ji ber ku dema kêmbûna xurtiya herikînê gelekî biçûk e.

Dema girtina pirîzê careke din, hêzeke livîner, elektirîkî û arîner di têla badokî de çêdibe ku nahêle herikîna jeneretorê tê re derbas bibe, wê demê ev herikîn di gilopê re derbas dibe û ronîkirina wê gelekî xurt dike, piştre ji ber kêmbûna nirxê $\frac{di}{dt}$ û hêdî hêdî zêdebûna derbasbûna herikînê di têla badokî re, roniya gilopê kêm dibe.

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1. Raveyeke zanistî bidin:**

Ava di qabva cam de, li ser ruyê xwarinpêjeke camî nakele. Rêbazeke kelandina ava di qaba cam de, pêşinyar bikin.

**2. Bersiva van pirsan bidin:**

**a)** Du pêçekên beramber hene, ya yekem girêdayî pîleke elektirîkî ye û ya duyem girêdayî gilopekê ye, heger her du pêçek rawestî bin, gelo gilop ronî dide? Di rewşa neyîniyê de ji bo gilop ronî bide, hûn ê çi bikin? Û çima?

**b)** Herikîneke elektirîkî xwedî xurtiyeke guhêr $i$ di têleke badokî re derbas dibe:

- Raveya xurtiya zeviya megnetîzî ya di hundirê wê de bi encama derbasbûna herikînê çêkirî, binivîsin.
- Raveya diravêtina megnetîzî ji zeviya megnetîzî re, binivîsin.
- Têkiliya nirxê cebirî ji hêza livîner, elektirîkî, arîner û xweber ecamê bigirin û diyar bikin kengî nirxê vê hêzê tube dibe.

**3. Van girêftariyan çare bikin:**

**a)** Pêçekeke bazinî ji $(100)$ pêçanên wekhev pêk tê, nîveşkêla wê ya navîn $4\ cm$ ye, her du aliyên wê bi pîvankeke milîempêr ve girê bidin, her wiha bi xwegireke omî xwedî nirxeke $20\ \Omega$ ve girê bidin, cemsera bakurî ya megnetîzeke rast nêzî ruyekî ji her du ruyên pêçekê bikin, wê demê xurtiya zeviya megnetîzê zêde dibe, ku ew zevî di demeke $2\ s$ de di pêçanên pêçeka bazinî re bi rêk û pêk ji sifir heta $0.08\ T$ derbas dibe.

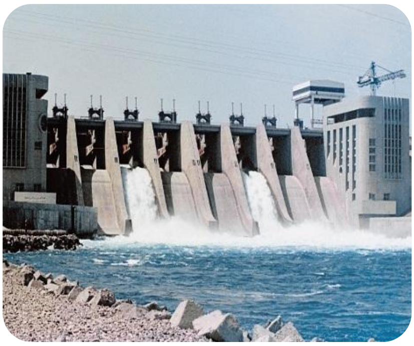
- Nirxê hêza livîner, elektirîkî, arîner a di pêçeka bazinî de çêkirî, bibînin û aliyê herikîna elektirîkî ya arîner nîşan bikin.
- Aliyê beramberî cemsera bakurî nîşan bikin.
- Xurtiya herikîna di pêçekê re derbaskirî, bibînin.
- Karîna elektirîkî ya ji pêçeka bazinî çêkirî bibînin, piştre karîna têhnî ya di xwegira omî de xerçkirî bibînin, gelo hûn çi encamê digirin?

## WANE 2

# HERIKÎNA GUHERBAR

Du rêbaz hene ji bo berdewîbûna alavan bi enerjiya elektirîkî, rêbazek ji wan alavên bargekirin û betariyan (herikîna domdar $DC$) bi kar tîne û ya din jî tora herikîna bajêr (herikîna guherbar $AC$) bi kar tîne, ku ew tor mal û kargehan berdewî dike û hwd.

Herikîna guherbar di gelek aliyên jiyanê de bi kar tên, li gorî ku di ronîkirina malan de, di vêxistina alavên nûjen de, di kargehan de bi kar tê û hwd.



Ji awestgehên çêkirina herikîna elektirîkî ya guherbar di bakur û rojhilatê Sûriyê de, rawestgeha çêkirina elektirîka bendava Firatê di herêma Tebqayê de, li gorî ku bi riya avê elektirîk çêdibe û rawestgeha çêkirina elektirîka Siwêdîkê di herêma Siwêdîkê de, li gorî ku bi riya gaza xwezayî elektirîk çêdibe.

## Herikîna guherbar çi ye? Cureyên wê çi ne?

Herikîna guherbar li gorî curebûna bikaranînên xwe ji herikîna domdar taybet bû:

- Hesanbûna veguhestina wê li riyên dûr, bi riya têlan.
- Hesanbûna bilindkirina potensiyelê yan jî daxistina wê, bi riya guhêrekan li gorî daxwaziyê.
- Bi riya herikîna guherbar, veguhestina agahiyan û bi navê bikaranîna sererastkirina firehî yan lerizîn an jî pêvajoyê tê naskirin.

Dibe ku ji bo pêkanîna pêdiviyên kargehên hewceyiyî enerjiyeke mezin, herikîna elektirîkî çêbibe.

Herikîna elektirîkî ya domdar bêtir ji herikîna guherbar, têhnê belav dike, ji ber vê yekê veguhestina herikîna domdar li riyên dûr nabe.

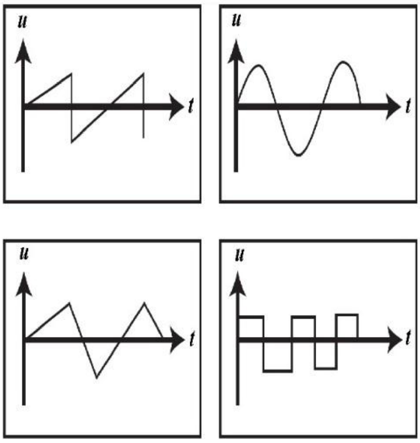
Jêdera herikîna guherbar di dewireyên elektirîkî de, bi vê sembolê tê nîşankirin:

### Têgehên herikîna guherbar:

| Nirx | Herikîna guherbar | Herikîna domdar |
|---|---|---|
| Potensiyela kêlî | $\overline{u}$ | $U$ |
| Potensiyela hilberîner | $U_{eff}$ | |
| maksîmom potensiyel | $U_{max}$ | |
| Xurtiya kêlî | $\overline{i}$ | |
| Xurtiya hilberîner | $I_{eff}$ | $I$ |
| maksîmom xurtî | $I_{max}$ | |
| Karîn | $P$ | |
| Karîna navîn | $P_{avg}$ | |

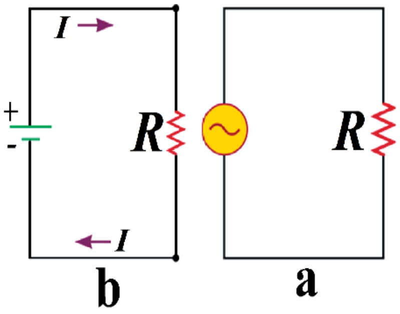
Herikîna guherbar, ew herikîna ku xurtî û aliyê wê bi awayekeî dewirî bi demê re tê guherîn.

Ji herikîna guherbar re gelek cure hene, mîna herikîna guherbar a sayinî, herikîna guherbar a birekî, herikîna guherbar a sêgoşeyî û herikîna guherbar a çargoşeyî weke di teşeyê de diyarkirî:



## Şîrovekirina elektronî ya herikîna guherbar:

Ev her du teşe ($a$ herikîna guherbar, $b$ herikîna domdar) ji her du dewireyên herikîneke guherbar û ya domdar re xêzkirineke pilankirî nîşan dike.




Herikîna domdar ji tevgera elektironên serbixwe çêdibe, ji ber ku zeviyeke elektirîkî heye ku ji potensiyela bikarhatî çêbûye, tevahiya tevgerê ji potensiyela nizim heta potensiyela bilind bi aliyekî ye, di heman demê de ji tevgera lerizînî ya elektironên serbixwe li derdora cihên navînî, bi firehiyeke biçûk ji pêpilka mîkrometere, herikîna guherbar çêdibe û lerizîna vê tevgerê yeksanî lerizîna herikînê ye.

Tevgera lerizînî ya elektironan ji zeviya elektirîkî çêdibe, ku ev zevî bi nirx û aliyê ku bi qasî leza şewiqê li rex şînerê belavkirî, tê guherîn û ji guherîna nirx û hêmaya potensiyela (ferqa potensiyelê) di navbera her du cemserên jêdera elektirîkî de ye, ev guherîn di zeviya elektirîkî de çêdibe, têkiliya dirêjahiya pêla lerizîna elektironan di herikîna guherbar de bi vî awayî ye: $\lambda = \frac{c}{f}$

**Li gorî ku:**

$c$: Leza şewiqê di valahiyê de ye, nirxê wê derdorî $3 \times 10^8\ m/s$ ye.

$f$: Lerizîna herikînê ye.

Ji bo herikîna bajêr ku di hemû dewletên cîhanê de, lerizîna wê $f = 50\ Hz$ ye: $\lambda = \frac{3\times10^8}{50} = 6 \times 10^6\ m$

Bi hevrûkirina bi durahiyên dewireyên di alava elektirîkî û elektironî de, ev dirêjahiya pêleke mezin e, heger dirêjahiya dewireyekê ji pêpilka gelek metreyan be, wê demê elektiron di kêliyekê de di tevahiya dewireyê de bi heman alî tev digerin û heman hejmara elektironan parçeya têlê di her xalekê ji xalên dewireyê re derbas dibe, Li gorî van tiştan dibe ku zagonên om di herikîna domdar di her kêliyê de li ser herikîna guherbar bi kar were, dema ku ev her du merc pêk werin:

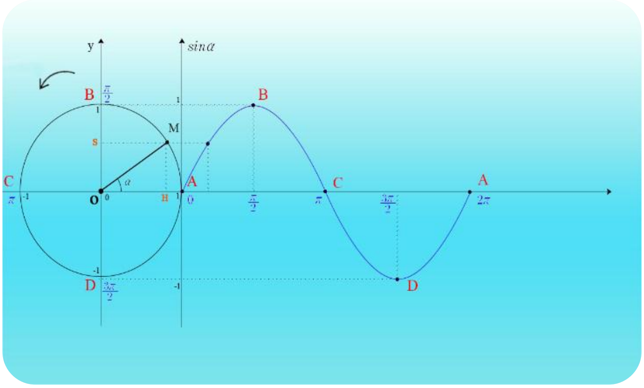
1. Lerizîna herikîna guherbar a sayinî biçûk be.
2. Li gorî dirêjahiya pêlê, dewire biçûk e.

## Fonkisyona xurtiya kêliyî û fonkisyona potensiyela kêliyî:

Têkiliya hêza livîner, elektirîkî, arîner, guherbar û sayinî bi vî awayî ye:

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max} \sin \omega t \text{ ... ... } (1)$$

Weke di teşe de diyarkirî, ev têkilî hevkêşeyeke pêldayî ya sayinî nîşan dike:



Di her kêliyê de, potensiyela guherbar a sayinî yeksanî hêza livîner û elektirîkî ye, ji ber vê yekê potensiyelê ji dêvla hêza livîner û elektirîkî bi kar bînin û dibe ku bi vî awayî bê nivisîn:

- Fonkisyona xurtiya kêliyî:

$$\bar{i} = I_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_1) \dots\dots (2)$$

$\bar{\varphi}_1$: Pêvajoya destpêkê ji xurtiya herikînê re ye.

- Fonkisyona potensiyela kêliyî:

$$\bar{u} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_2) \dots\dots (3)$$

$\bar{\varphi}_2$: Pêvajoya destpêkê ji potensiyelê re ye.

- $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1$ cudahiya pêvajoyê di navbera xurtî û potensiyelê de nîşan dike, di bendên bê de, dê cudahiyek pêvajoyê di navbera xurtî û potensiyelê de çêbibe li gorî ku bi guherîna pêkhatiyên dwireyê re, tê guherîn.

## Rahênaneke çarekirî (1):

Pêçeka jeneretoreke elektirîkî $AC$ bi lezeke xwecih bi qasî $1800$ dewire di xulekekê de, di hundirê zeviya arîner a megnetîzî de dizivire, xurtiya wê $B = 0.85\ T$ ye.

Heger rûbera pêçekê $0.06\ m^2$ be û hejmara pêçanên wê $N = 25$ be:

1. Maksîmom nirxê hêza livîner û elektirîkî ya di pêçekê de, bibînin.

2. Hêza livîner, elektirîkî û kêliyî ya di pêçekê de çêkirî, dema zivirandina wê bi qasî $30^\circ$ bi rewşa wê ya resen re bibînin.

## Çare:

1. Maksîmom nirxê hêza livîner û elektirîkî:

$$\omega = 2\pi\, f = \frac{2\pi \times 1800}{60} = 60\,\pi \;\; rad/s$$

$$\varepsilon_{max} = N.B.A.\omega = 25 \times 0.06 \times 0.85 \times 60\pi = 240\,V$$

2. Hêza livîner, elektirîkî û kêliyî:

$$\omega\, t = 30^{\circ} \Rightarrow \overline{\varepsilon} = \varepsilon_{max}\, sin\, 30$$

$$= 240 \times 0.5 = 120\,V$$

## Nirxên hilberîner ji herikîna guherbar re:

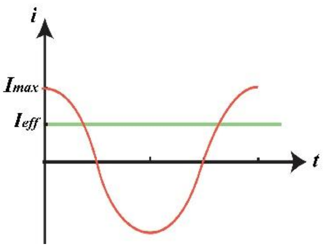
Xurtiya hilberîner $I_{eff}$ ji herikîna guherbar re, weke xurtiya herikîna domdar tê naskirin, li gorî ku qasiya têhna ku ew xurtî dide, heman qasiya ku herikîna guherbar wê dide, ew jî di heman şîner û heman demê de ye, têkiliya wê bi vî awayî ye:

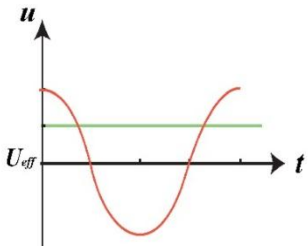
$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \ldots\ldots (4)$$

Potensiyela hilberîner $U_{eff}$ bi maksîmom potensiyel $U_{max}$ ve tê girêdan û têkiliya wê bi vî awayî ye:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \ldots\ldots (5)$$

Pîvankên volt û empîr ên di herikîna guherbar de bikarhatî, her tim nirxên hilberîner nîşan dike.



## Di herikîna guherbar a sayinî de, karîn:

Ji herikîna guherbar re, xurtî, potensiyelên kêliyî, maksîmom û hilberîner hene, gelo cureyên karînê di herikîna guherbar de çi ne?

### 1- Karîna kêliyî:

Karîna kêliyî $P$ ji herikîna guherbar a sayinî re, ew hevdana potensiyela kêliyî $\boldsymbol{u}$ di xurtiya kêliyî $\bar{i}$ de ji herikînê re ye, têkiliya wê bi vî awayî ye:

$$P = \bar{i}\,.\,\bar{u} \ldots \ldots (6)$$

Li gorî guherînên $\bar{i}$ û $\bar{u}$ bi demê re,ev karîn ji kêliyekî heta kêliyekî tê guherîn, ji ber vê yekê bi navê karîna kêliyî tê naskirin.

### 2- Di dewireya $\boldsymbol{P_{avg}}$ de, karîna navîn a mizêxer:

Ew karîna xwecih e, di dema $\boldsymbol{t}$ de ew enerjiya elektirîkî $\boldsymbol{E}$ ku dide heman enerjiya ku herikîna guherbar a sayinî ji dewireyê re wê dide, ew jî bi encama derbasbûna herikîna guherbar di dema $\boldsymbol{t}$ de navîniya enerjiya elektirîkî ye, têkiliya wê bi vî awayî ye:

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}cos(\bar{\varphi}) \ldots \ldots (7)$$

Li gorî ku $\boldsymbol{\bar{\varphi}}$: Cudahiya pêvajoyê di navbera potensiyela kêliyî û xurtiya kêliyî ji herikînê re ye.

### 3- Karîna diyardeyî $\boldsymbol{P_A}$ û karîgeha karînê:

Hevdana potensiyela hilberîner $\boldsymbol{U_{eff}}$ di xurtiya hilberîner $I_{eff}$ de ji herikîna guherbar a sayinî re, bi navê karîna diyardeyî $P_A$ tê naskirin, ew jî bilindtirîn nirxê karîna navîn e, di sîstema navnetewî de bi mena (volt, empêr) tê pîvan, dema ku:

$$\overline{\varphi} = 0 \Rightarrow cos(\overline{\varphi}) = 1 \Rightarrow P_A = I_{eff}.U_{eff} \dots\dots (8)$$

Em $\boldsymbol{cos(\overline{\varphi})}$ bi navê karîgeha karînê tê naskirin, ew jî rêjeya di navbera karîna navîn $P_{avg}$ û karîna diyardeyî $P_A$ de ye.

$$Faktora\ karîn\hat{e} = \frac{P_{avg}}{P_A} = \frac{I_{eff}.U_{eff}cos(\overline{\varphi})}{I_{eff}.U_{eff}} = cos(\overline{\varphi})$$

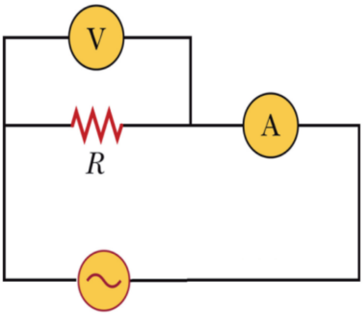
## Bi bîr bînin:

Karîna navîn a mizêxer di komika du cotên cemserekê bi rêzkirin an jî şaxkirin pevgihandî, yeksanî komkirina her du karînên mizêxer di her du cotên cemserê de, ango:

$$P_{avg} = P_{avg1} + P_{avg2}$$

## 1- Pevgirêdana bi rêzkirin di dewireya herikîneke guherbar de:

### 1. Xwegireke omî di dewireyeke herikîneke guherbar de:




Dewireyeke herikîneke guherbar bibin ku xwegireke omî xwerû $\boldsymbol{R}$ digire, weke di teşe de di navbera pirîzên jeneretorê de di vê dewireyê de, potensiyeleke kêliyî $\boldsymbol{u}$ bi kar bînin, her wiha di dewireyê de, herikîneke elektirîkî guherbar derbas dibe, li gorî fonkisyonê xurtiya wê ya kêliyî bi sadetirîn awayê xwe tê dayîn, ew jî li gorî mercên destpêkê yên guncaw:

$$\overline{i} = I_{max}\, cos(\omega t) \dots\dots (9)$$

Lê: $\overline{u} = R\overline{i}$

Di têkiliya (9) de, bi cih bikin:

$$\overline{u} = R.I_{max}\, cos(\omega t) \ldots \ldots (10)$$

Lê $X_R = R$ bi navê xwegir tê naskirin, bi mena omê tê pîvan:

$$U_{max} = R.I_{max}$$

$$U_{max} = X_R.I_{max} \ \ldots \ldots (11)$$

Fonkisyona potensiyelê di navbera her du aliyên xwegira xwerû dibe bi vî awayî:

$$\overline{u} = U_{max}\, cos(\omega t) \ldots \ldots (12)$$

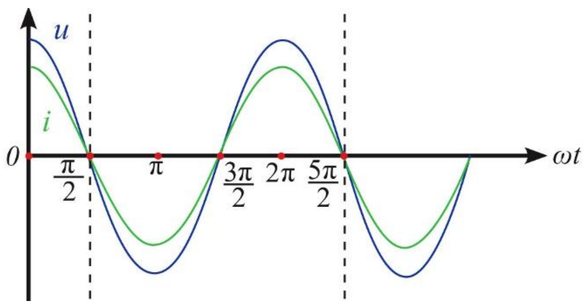
Bi hevrûkirina di navbera her du fonkisyonên xurtî û potensiyelê de: $\boldsymbol{\overline{\varphi} = 0}$

Ango: Potensiyela di navbera her du aliyên dewireyê de bikarhatî, di pêvajoyê de bi xurtiyê re ye.

Ji bo bidestxistina nirxên hilberîner, her du aliyên têkiliya $(\mathbf{11})$ belavî $\sqrt{\mathbf{2}}$ bikin:

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_R \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = X_R.I_{eff} \ \ldots \ldots (13)$$



Ev nîşankirin, nîşankirina Firînêl ji girafîkeke xwedî pêvajoyeke kontrolkirî re ye, ew jî potensiyela kêliyî û herikîna kêliyî nîşan dike, armanca vî tiştî ji bo naskirina cudahiya pêvajoyê di navbera wan de ye.

Têkiliya nirxê navîn $\boldsymbol{P_{avg}}$ ji karînê re bi vî awayî ye:

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}cos(\varphi)$$

Lê di rewşa xwegira xwerû de: $\boldsymbol{\varphi = 0}$

$$cos(\varphi) = 1 \Rightarrow P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}$$

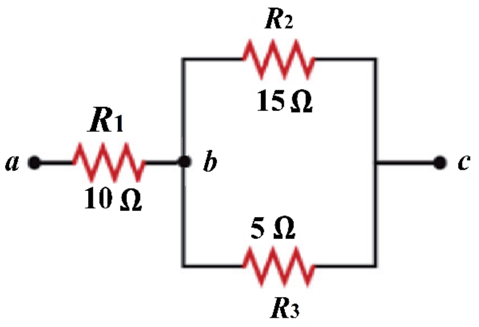
Lê: $\boldsymbol{U_{eff} = R.I_{eff}}$

$$P_{avg} = R\ .I_{eff}{}^{2}$$

Ev tê wateya ku enerjî bi karî jûl, bi awayê têhnî di xwegirê de dimezixe.

## Rahênaneke çarekirî (2):

Weke di teşe de diyarkirî, di dewireya herikîna guherbar a sayinî de, nirxê kêliyî ji xurtiya herikîna guherbar a di xwegira $R_3$ re derbaskirî, bi vê hevkêşeyê tê dayîn:




$$\overline{i_3} = 6\ cos(\omega t)$$

1. Fonkisyona xurtiya herikîna di her du xwegirên $\boldsymbol{R_1}$ û $\boldsymbol{R_2}$ li gorî awayê wê yê giştî encamê bigirin, piştre fonkisyona potensiyela kêliyî di navbera her du xalên $\boldsymbol{a}$ û $\boldsymbol{b}$ de, bibînin.

2. Em karîna navîn a mizêxer di her xwegirekê ji dewireyê, bibînin.

**Çare:**

1. Cudahiya potensiyelê $\overline{\boldsymbol{u}}_{\boldsymbol{bc}}$ di navbera her du aliyên xwegira $\boldsymbol{R_3}$ de, yeksanî cudahiya potensiyelê di navbera her du aliyên xwegira $\boldsymbol{R_2}$ de ye:

$$\overline{u}_{bc} = \overline{i}_3 . R_3 = 6\ cos(\omega t) \times 5 = 30 cos(\omega t)$$

$$i_2 = \frac{u_{bc}}{R_2} = \frac{30\ cos(\omega t)}{15} = 2\ cos(\omega t)$$

$$\overline{i}_1 = \overline{i}_2 + \overline{i}_3 = 2\ cos(\omega t) + 6\ cos(\omega t) = 8\ cos(\omega t)$$

$$\overline{u}_{ab} = R_1 . \overline{i}_1 = 10 \times 8\ cos(\omega t) = 80\ cos(\omega t)$$

2. Dîtina karîna navîn di xwegirên $\boldsymbol{R_1}, \boldsymbol{R_2}$ û $\boldsymbol{R_3}$ de, bi rêzkirin:

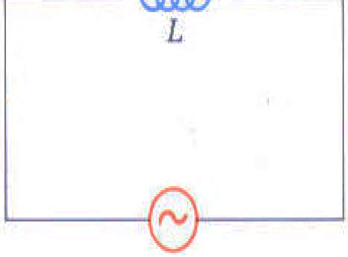
$$P_{avg_3} = \frac{I_{max_3} \times U_{max_3}}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{6 \times 30}{2} = 90\ W$$

$$P_{avg_2} = \frac{I_{max_2} \times U_{max_2}}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{2 \times 30}{2} = 30\ W$$

$$P_{avg_1} = \frac{I_{max_1} \times U_{max_1}}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{8 \times 80}{2} = 320\ W$$

## 2- Têla badokî (xweberî) di dewireyeke herikîneke guherbar de:

Weke di teşe de, dewireyeke herikîneke guherbar bibin, ku têleke badokî xwedî xwebereke $\boldsymbol{L}$ û xwegireke omî piştguhkirî bigire û di navbera her du aliyên wê de, potensiyeleke kêliyî $\boldsymbol{u}$ bi kar bînin:




$$\overline{i} = I_{max} cos(\omega t) \ldots \ldots (\mathbf{15})$$

Potensiyela kêliyî di navbera her du aliyên têla badokî de $\boldsymbol{u}$ bi vî awayî ye:

$$u = L\,\frac{di}{dt} \ldots\ldots(\mathbf{16})$$

Lê:

$$\frac{di}{dt} = -I_{max}\,.\,\omega.\,sin(\omega t)$$

Ango:

$$\frac{di}{dt} = I_{max}\,.\,\omega.\,cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ldots\ldots(\mathbf{17})$$

Di têkiliya (16) de bi cih dikin:

$$u = L\,.\,\omega.\,I_{max}\,.\,cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ldots\ldots(\mathbf{18})$$

Qasiya $\boldsymbol{X_L} = \boldsymbol{L\,.\,\omega}$ bi navê xwegira têla badokî tê naskirin, di sîstema navnetewî de bi om tê pîvan, her wiha têkiliya $(\mathbf{18})$ dibe bi vî awayî:

$$u = X_L.\,I_{max}\,.\,cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ldots\ldots(\mathbf{19})$$

Lê:

$$U_{max} = X_L.\,I_{max}\ldots\ldots(\mathbf{20})$$

Fonkisyona potensiyelê di navbera her du aliyên têla badokî de, dibe bi vî awayî:

$$u = U_{max}\,.\,cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ldots\ldots(\mathbf{21})$$

Bi hevrûkirina di navbera têkiliya $(\mathbf{15})$ û têkiliya $(\mathbf{21})$ de, tê xuyakirin ku potensiyela kêliyî bi qasî $\frac{\pi}{2}$, di qonaxê de li pêşiya xurtiya kêliyî ye.

*Nimûneya Firînêl*

Ji bo bidestxistina nirxên hilberîner, her du aliyên têkiliya $(\mathbf{20})$ belavî $\sqrt{\mathbf{2}}$ bikin:

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_L \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{eff} = X_L . I_{eff}$$

Nirxê navîn $\boldsymbol{P_{avg}}$ ji karînê re bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$P_{avg} = I_{eff} . U_{eff} cos(\varphi)$$

Lê di rewşa têla badokî ya xwedî xwegira piştguhkirî:

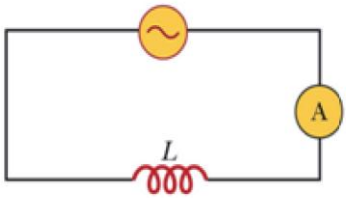
$$\overline{\varphi} = \frac{\pi}{2}\, rad$$

$$\Rightarrow cos(\varphi) = 0 \Rightarrow P_{avg} = 0$$

Ango karîna navîn di têla badokî de sifir e, her wiha têla badokî di çaryeka dewira yekem de enerjiyeke elektiromegnetîzî depo dike, ji bo di çaryeka dewira li pey wê de, wê vegerîne dewireya derveyî bi awayekî elektirîkî, ango têla badokî enerjiyê namezixîne.

## Rahênaneke çarekirî (3):

Di dewireya di teşeyê de diyarkirî, potensiyeleke guherbar ku nirxê wê yê kêliyî $\boldsymbol{u = 150\,cos(1000t)}$ be, li ser têleke badokî bi kar bînin, ku xwebera wê têlê $\boldsymbol{L = 0.02\ H}$ be û xwegira wê ya omî piştguhkirî be.




Fonkisyona xurtiya kêliyî $\boldsymbol{i}$ ji herikînê re binivîsin û karîna navîn $\boldsymbol{P_{avg}}$ bibînin.

## Çare:

Ji ber ku potensiyela di navbera her du aliyên têla badokî de bikarhatî, bi qasî $\frac{\pi}{2}$ di pêvajoyê de li pêşiya xurtiyê ye, wê demê awayê giştî ji fonkisyona xurtiya kêliyî ya di têla badokî re derbaskirî, wiha ye:

$$\bar{i} = I_{max} cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Li gorî ku xurtiya kêliyî bi qasî $\frac{\pi}{2}$ di pêvajoyê de li paşê potensiyela di navbera her du aliyên têla badokî de bikarhatî ye:

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{X_L} = \frac{U_{max}}{L\,.\,\omega} = \frac{150}{1000 \times 0.02} = 7.5A$$

Bi cih bikin:

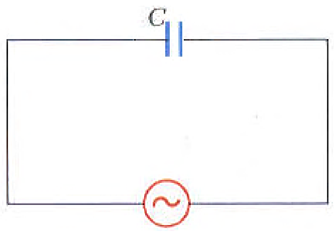
$$\bar{i} = 7.5 cos\left(1000t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Karîna navîn:

$$P_{avg} = I_{eff} . U_{eff} cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0\ W$$

## 3- Di dewireya herikîneke guherbar de, kapasîtor:

Weke di teşeyê de, dewireyeke herikîneke guherbar a sayinî bibin, ku kapasîtoreke nebarkirî bigire û potensiyeleke kêliyî $\boldsymbol{u}$ di navbera her du aliyên wê de bi kar bînin.




Awayê herî sade ya fonkisyona xurtiya kêliyî ya di dewireya kapasîtorê re derbaskirî wiha ye:

$$\bar{i} = I_{max} cos(\omega t) \dots \dots (\mathbf{22})$$

Têkiliya potensiyela kêliyî di navbera her du lewheyên kapasîtorê bi vî awayî ye:

$$\bar{u} = \frac{\bar{q}}{C} \dots \dots (\mathbf{23})$$

Heger $\boldsymbol{C}$ firehiya kapasîtorê xwecih be, $\boldsymbol{q}$ barê wê yê bi demê re guhêr be, wê demê di navbereke demî $\boldsymbol{d}(\boldsymbol{t})$ de, barê kapasîtorê bi qasî $\boldsymbol{d}(\boldsymbol{q})$ tê guherîn:

$$d\,q = i\,d(t) \dots \dots (\mathbf{24})$$

Ji bo dîtina barê kapasîtorê di dema $\boldsymbol{t}$ de, têkiliyê integral bikin:

$$\bar{q} = \int i\,d(t) = \int I_{max} cos(\omega t) d(t)$$

$$= I_{max} \int cos(\omega t) d(t)$$

Lê:

$$\int cos(\omega t) d(t) = \frac{1}{\omega} sin(\omega t)$$

$$\overline{q} = \frac{1}{\omega C} I_{max} \,.\, sin(\omega t)$$

Di têkiliya (23) de bi cih bikin:

$$\overline{u} = \frac{1}{\omega C} I_{max} \,.\, sin(\omega t)$$

Lê:

$$sin(\omega t) = cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

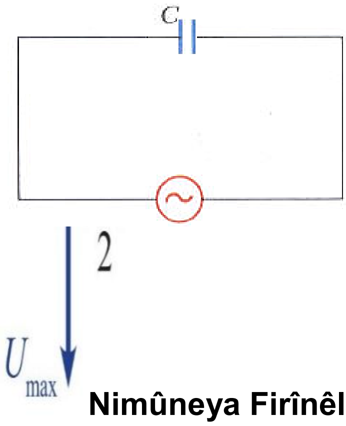
$$\overline{u} = \frac{1}{\omega C} I_{max} \,.\, cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Ji qasiya $\boldsymbol{X_c = \frac{1}{\omega C}}$ re xwegira kapasîtorê (firehiya kapasîtorê yan jî xwegira firehiyî ji kapasîtorê re) tê gotin, di sîstema navnetewî de bi mena om tê pîvan:

$$\overline{u} = X_c I_{max} \,.\, cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$U_{max} = X_c I_{max} \dots\dots (25)$$

$$\overline{u} = U_{max} \,.\, cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots (26)$$



**Nimûneya Firînêl**

Bi hevrûkirina di navbera têkiliya $(\mathbf{26})$ û têkiliya $(\mathbf{22})$ de, cudahiya pêvajoyê $\boldsymbol{\overline{\varphi} = -\frac{\pi}{2}}$ ye, ango potensiyela kêliyî di navbera her du aliyên kapasîtorê de bi qasî $\boldsymbol{\frac{\pi}{2}}$ li paşê herikînê ye û ji bo bidestxistina nirxên hilberîner, her du aliyên têkiliya $(\mathbf{25})$ belavî $\boldsymbol{\sqrt{2}}$ bikin:

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_c \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow$$

$$U_{eff} = X_c . I_{eff} \dots\dots\dots (27)$$

Têkiliya karîna mizêxer di navbera her du aliyên kapasîtorê de bi vî awayî ye: $P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}cos(\varphi)$

Lê: $\overline{\boldsymbol{\varphi}} = -\frac{\pi}{2}$

$$cos(\varphi) = 0 \Rightarrow P_{avg} = 0$$

Karîna navîn di kapasîtorê de tune ye û kapasîtor tu enerjiyê namezêxe, ji ber ku di çaryek dewir de bi awayekî elektirîkî enerjiyê depo dike û di çaryeka dewira li pey wê bi awayekî elektirîkî, heman vedigerîne.

## Rahênaneke çarekirî (4):

Heger firehiya kapasîtorê ya di teşe de diyarkirî yeksanî $\boldsymbol{2\ \mu F}$ be û cudahiya potensiyela kêliyî di navbera her du aliyên wê de bi vê têkiliyê bê dayîn:

$$\overline{u} = 100\,.cos(1000t)$$

Xwegira vê kapasîtorê bibînin û fonkisyonên kêliyî ji herikîn û bara elektirîkî re binivîsin.

## Çare:

Dîtina xwegirê:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(1000)(2 \times 10^{-6})} = 5 \times 10^2 \Omega$$

Fonkisyona xurtiya kêliyî ji herikînê re:

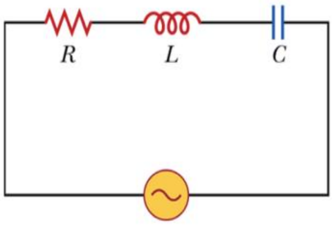
$$I_{max} = \frac{U_{max}}{X_c} = \frac{100}{5 \times 10^2} = 0.2A$$

$$\overline{i} = I_{max}cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = 0.2cos\left(1000t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Fonkisyona barê:

$$\overline{q} = C\ U_{max}\,.cos(\omega 1000t) = 2 \times 10^{-4}\,.cos(1000t)$$

### 4- Dewireya herikîneke guherbar ku xwegirek, têleke badokî û kapasîtoreke bi rêzkirin pevgihandî digire:




Dewireyeke herikîneke guherbar bibin ku van tiştan digire, xwegirekê $\boldsymbol{R}$ û têleke badokî xwedî xwebera $\boldsymbol{L}$ û xwegira piştguhkirî û kapasîtorekê $\boldsymbol{C}$ ku firehiya wê bi rêzkirin bi jeneretora herikîna guherbar a sayinî pevgihanî ye, piştre di navbera her du aliyên dewireyê de potensiyeleke kêliyî $\boldsymbol{u}$ bi kar bînin, têkiliya xurtiya kêliyî ji herikînê re bi vî awayî ye:

$$\bar{i} = I_{max} cos(\omega t) \dots\dots (28)$$

Xwegir: $\boldsymbol{X_R = R}$

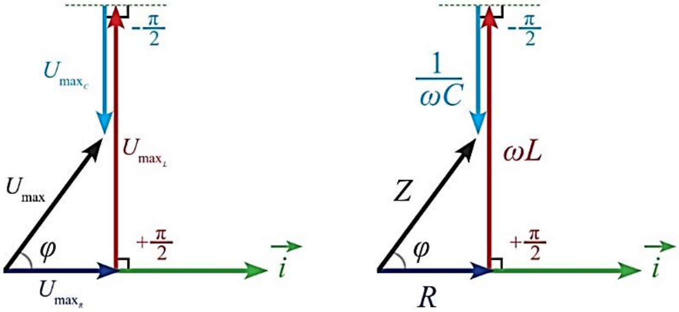
Xwegira têla badokî: $\boldsymbol{X_L = L \,.\, \omega}$

Xwegira kapasêtorê: $\boldsymbol{X_c = \frac{1}{\omega C}}$

Ji bo dîtina tevahî maksîmom potensiyel, nîşankirina Firînêl bi kar bînin, li gorî ku ev potensiyel bi vî awayî parve bibe:

- Maksîmom potensiyel di navbera her du aliyên xwegirê de $\boldsymbol{U_{max_R} = X_R . I_{max}}$, di pêvajoyê de bi xurtiyê re ye, potensiyel bi tîreke li ser tewareya xurtiyê yeksaneyî tê nîşankirin.
- Maksîmom potensiyel di navbera her du aliyên têla badokî de $\boldsymbol{U_{max_L} = L \,.\, \omega \,.\, I_{max}}$, bi qasî $\boldsymbol{\frac{\pi}{2}}$ di pêvajoyê de li pêşiya xurtiyê ye, potensiyel bi tîreke ku goşeya $(+\boldsymbol{\frac{\pi}{2}})$ bi tewareya xurtiyê re çêdike, tê nîşankirin.

- Maksîmom potensiyel di navbera her du aliyên kapasîtorê de $\boldsymbol{U_{max_L}} = \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{\omega C}}.\boldsymbol{I_{max}}$, bi qasî $\frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{2}}$ di pêvajoyê de li paşê xurtiyê ye, potensiyel bi tîreke ku goşeya $(-\frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{2}})$ bi tewareya xurtiyê re çêdike, tê nîşankirin.




***Potansiyela maksîmom li gorî Firînêl*** ***Xwegir li gorî Firînêl***

$$\vec{\boldsymbol{U}}_{\boldsymbol{max}} = \vec{\boldsymbol{U}}_{\boldsymbol{max_R}} + \vec{\boldsymbol{U}}_{\boldsymbol{max_L}} + \vec{\boldsymbol{U}}_{\boldsymbol{max_C}}$$

Ji tese tê xuyakirin ku tevahî maksîmom potensiyel $\boldsymbol{U_{max}}$:

$$U_{max}{}^2 = U_{max_R}{}^2 + (U_{max_L} - U_{max_C})^2$$

$$U_{max} = \sqrt{U_{max_R}{}^2 + (U_{max_L} - U_{max_C})^2} \dots\dots (29)$$

$$U_{max} = I_{max}\sqrt{R^2 + (\,\omega.L - \frac{1}{\omega C})^2} \dots\dots (30)$$

Qasiya: $Z = \sqrt{R^2 + (\,\omega.L - \frac{1}{\omega C})^2} \dots\dots (31)$

Bi navê xwegira omî ji dewireyê re tê naskirin, têkiliya $(\mathbf{30})$ dibe bi vî awayî: $U_{max} = I_{max}.Z \dots\dots (32)$

Ji bo bidestxistina nirxê hilberîner, her du aliyên têkiliya $(\mathbf{30})$ belavî $\sqrt{\mathbf{2}}$:

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = Z\,\frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Longrightarrow U_{eff} = Z\,I_{eff} \ldots\ldots (33)$$

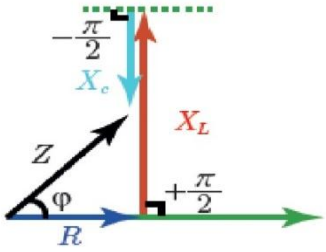
Ji bo naskirina pêvajoyê di navbera xurtî û potensiyelê de:

$$cos(\overline{\varphi}) = \frac{U_{max_R}}{U_{max}} \Longrightarrow cos(\overline{\varphi}) = \frac{R\,I_{max}}{Z\,I_{max}}$$

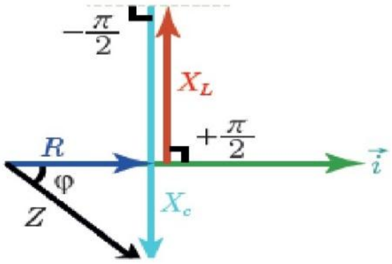
$$cos(\overline{\varphi}) = \frac{R}{Z} \ldots\ldots (34)$$

Sê rewşên cuda hene li gorî encama ku ji her du hevkêşeyên $(\mathbf{31})$ û $(\mathbf{34})$ tên bidestxistin, ew jî ev in:

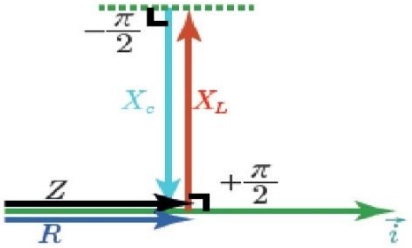
1. Dema ku xwegira têla badokî $\boldsymbol{X_L}$ ji xwegira kapasîtorê $\boldsymbol{X_C}$ mezintir be, herikîn li paşê potensiyelê ye.




2. Dema ku xwegira kapasîtorê $\boldsymbol{X_C}$ ji xwegira têla badokî $\boldsymbol{X_L}$ mezintir be, herikîn li pêşiya potensiyelê ye.




3. Dema ku $\boldsymbol{X_L}$ û $\boldsymbol{X_C}$ yeksan bin, di vê rewşê de xwegira dewireyê herî biçûk e û tenê yeksanî nirxê xwegirê $\boldsymbol{R}$ ye û nirxê herikîna di dewireyê re derbaskirî herî mezin e $\boldsymbol{I_{max}} = \frac{\boldsymbol{U_{max}}}{\boldsymbol{R}}$, her wiha herikîn di pêvajoyê de bi potensiyelê re ye.




$(\overline{\boldsymbol{\varphi}} = \mathbf{0})$ weke di teşeyê de, dewire di rewşa bersivmendiya elektirîkî de ye:

Karîna navîn di dewireyê de herî mezin e, ew jî ji ber ku nirxê herikînê maksîmom e, her wiha karîgeha karînê:

$$(\overline{\boldsymbol{\varphi}} = \mathbf{0}) \Rightarrow \boldsymbol{cos}(\overline{\boldsymbol{\varphi}}) = \mathbf{1}$$

Di vê rewşê de, maksîmom potensiyel di navbera her du aliyên xwegirê de $\boldsymbol{R.I_{max}}$ ye û yeksanî maksîmom potensiyela jêderê $\boldsymbol{U_{max}}$ ye, ew jî ji ber ku potensiyel di navbera her du aliyên têla badokî de $\boldsymbol{X_L.I_{max}}$ bi nirx yeksanî potensiyela di navbera her du aliyên kapasîtorê de $\boldsymbol{X_c I_{max}}$ lê dijberî aliyê wê ye, dibe ku li gorî potensiyela jêderê nirxê her yek ji wan gelekî mezin be.

Ji bo bidestxistina potensiyelên mezin di navbera aliyên têlên badokî û kapasîtoran de, bi riya bikaranîna jêderên xwedî potensiyelên bi nirxên sînorkirî, ev rêbaz di dewireyên radyoyê de bi kar tê, ji tiştên bûrî tê xuyakirin ku heger di dewireyeke herikîneke guherbar a sayinî de, $\boldsymbol{C, L}$ û $\boldsymbol{R}$ bi rêzkirin pevgihandî bin, wê demê merca bersivmendiya elektirîkî ev e:

Yeksaniya lêdana taybet a lerizîna elektironan $\boldsymbol{\omega_0}$ bi lêdana neçarî $\boldsymbol{\omega}$ re ya ku jeneretor wê li ser dewireyê zor dike, lêdanê bi sembola $\boldsymbol{\omega_r}$ nîşan bikin û bi navê lêdana bersivmendiya elektirîkî tê naskirin:

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow 2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C} \Rightarrow$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots (35)$$

Dewira herikînê di vê rewşê de wiha ye:

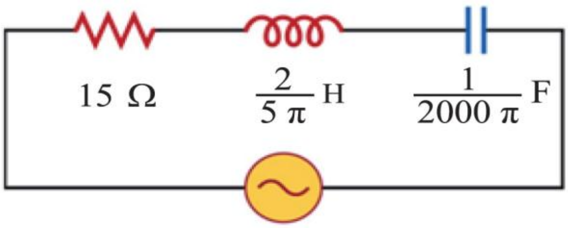
$$T_r = 2\pi \sqrt{LC} \dots\dots (36)$$

$f_r$ bi navê lerizîna bersivmendiya elektirîkî (lerizîna dewireyê) tê naskirin û taybetiya bersivmendiya elektirîkî di bikaranîna kontrolkirina di alavên pêşwaziyê de bi kar tê, li gorî ku dewireya antenê ji têleke badokî û kapasîtoreke bi rêzkirin pevgihandî pêk tê û bi riya pêlên ji weşîngehên cuda belavkirî, di vê dewireyê de hêzeke livîner çêdibe û ji bo lerizîna $f_r$ yeksanî lerizîna weşîngeha xwestî be di dema guherîna firehiya kapasîtorê $C$ de, herikîna arîner a çêkirî, tenê li gorî vê lerizînê herî mezin e, bi vî awayî dibe ku weşîngeha xwestî guhdar bikin.

Bi guherîna nirxê lerizîna jêderê yan jî guherîna nirxên $L$ û $C$ bi hev re, dibe ku merca di hevkêşeya $(36)$ de pêk were.

## Rahênaneke çarekirî (5):

Weke di teşeyê de, di dewireyeke herikîneke guherbar de, $C, L$ û $R$ bi rêzkirin pevgihandî ne, li gorî ku lerizîna jêderê $50Hz$ û nirxê potensiyela wê $U_{eff} = 50V$ e.




Tevahî xwegira dewireyê, maksîmom nirxê herikîna di dewireyê re derbaskirî, karîgeha karînê û karîna navîn bibînin.

**Çare:**

Xwegira têla badokî:

$$X_L = L\,.\,\omega = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times \frac{2}{5\pi} = 40\Omega$$

Xwegira kapasîtorê:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 50 \times \frac{1}{2000f}} = 20\Omega$$

Tevahiya xwegirê:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\,\omega.L - \frac{1}{\omega C})^2} = \sqrt{(15)^2 + (40 - 20)^2} = 25\Omega$$

Nirxê herikînê (maksîmom xurtî):

$$U_{eff} = Z\, I_{eff}$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{50}{25} = 2A$$

Maksîmom nirxê herikînê:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{max} = \sqrt{2}\, I_{eff} \Rightarrow I_{max} = 2\sqrt{2}\ A$$

Karîgeha karînê:

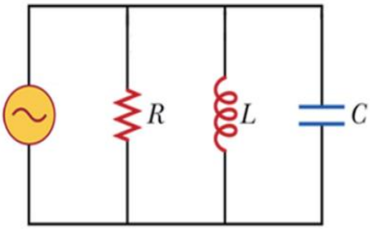
$$\cos(\overline{\varphi}) = \frac{R}{Z} = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$$

Karîna navîn:

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}\cos(\overline{\varphi}) = 2 \times 50 \times \frac{3}{5} = 60\ W$$

## 2- Di dewireyeke herikîneke guherbar de, pevgirêdana bi çaxkirin:

- **Di dewireyeke herikîneke guherbar de, xwegirek, têleke badokî û kapasîtoreke bi şaxkirin pevgihandî:**




Weke di teşeyê de, dewireyeke herikîneke guherbar bibn ku xwegirek $\boldsymbol{R}$, kapasîtorek $\boldsymbol{C}$ û têleke badokî $\boldsymbol{L}$ bi şaxkirin digire, Tê xuyakirin ku di rewşa dewireyeke herikîna guherbar de ya ku endamên bi rêzkirin pevgihanî digire, xurtiya herikînê di hemû endaman de heman e, lê di dewireyên herikîna guherbar de ya ku endamên bi şaxkirin pevgihandî digire, nirxê herikîna di her şaxekê de li gorî nirxê xwegira di heman şaxê de ye û komkirina tîrî ji herikînên hilberîner ên di hemû şaxan re derbasbûyî, yeksanî tevahî herikîna hilberîner ji dewireyê re.

Heger potensiyela di navbera her du aliyên dewireyê de bikarhatî, bi vê hevkêşeyê were dayîn:

$$\overline{u} = U_{max} cos(\omega t) \dots\dots (37)$$

Û heger xwegir $\boldsymbol{X_R} = \boldsymbol{R}$ be, xwegira têla badokî $\boldsymbol{X_L} = \boldsymbol{L} \,.\, \boldsymbol{\omega}$ be û xwegira kapasîtorê $\boldsymbol{X_c} = \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{\omega C}}$ be, her wiha heger $\boldsymbol{i}$ tevahî herikîn be, wê demê:

$$\overline{i} = \overline{i}_R + \overline{i}_L + \overline{i}_C \dots\dots (38)$$

Di pêvajoyê de, herikîna xwegirê bi potensiyela di navbera her du aliyê wê de bikarhatî ye:

$$\overline{i}_R = I_{max_R} cos(\omega t)$$

Di pêvajoyê de, herikîna têla badokî bi qasî $\frac{\pi}{2}$ li paşê potensiyela di navbera her du aliyê wê de bikarhatî ye:

$$\bar{i}_L = I_{max_L} cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Di pêvajoyê de, herikîna kapasîtorê bi qasî $\frac{\pi}{2}$ li pêşiya potensiyela di navbera her du aliyê wê de bikarhatî ye:

$$\bar{i}_C = I_{max_C} cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Nîşankirina herikîna têla badokî û herikîna kapasîtorê, bi du tîrên heman rahiştek in û aliyên wan dijber in.

Di dewireya resen de, tevahî herikîn dibe komkirina fonkisyonên sayinî ya heman lêdan, her wiha fonkisyoneke sayinî ye ku heman lêdana potensiyela di navbera her du aliyên dewireyê de bikarhatî ye, lê bi pêvajoya $\bar{\varphi}$ cuda ye:

$$\bar{i} = I_{max_R} cos(\omega t + \bar{\varphi})$$

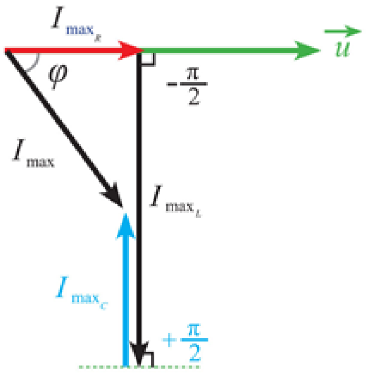
Ji bo naskirina $\bar{\varphi}$ û $I_{max}$ nîşankirina Firînêl bi kar bînin:

$$\vec{I}_{max} = \vec{I}_{max_R} + \vec{I}_{max_L} + \vec{I}_{max_C}$$

Ji ber ku: $\omega . L < \frac{1}{\omega C}$

Wê demê: $\vec{I}_{max_L} > \vec{I}_{max_C}$

Ji teşeyê:




**Xurtiyên mezin**

$$I_{max}{}^2 = I_{max_R}{}^2 + (I_{max_L} - I_{max_C})^2$$

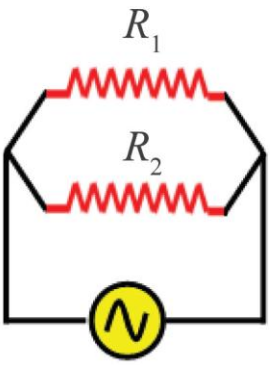
$$I_{max} = \sqrt{I_{max_R}{}^2 + (I_{max_L} - I_{max_C})^2} \dots\dots (39)$$

Ji bo naskirina $\overline{\varphi}$: ji nîşankirina Firînêl a di teşeya bûrî de:

$$cos(\overline{\varphi}) = \frac{I_{max_R}}{I_{max}} \dots\dots (40)$$

## Rewşên taybet:

a) Rewşa du şaxan ku di her yekê de, xwegireke omî hebe:



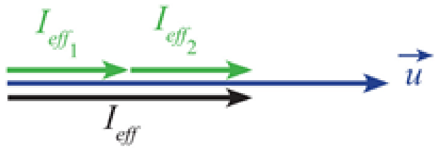

Potensiyela di navbera her du aliyên jêderê de bikarhatî, heman potensiyela di navbera her du şaxan de bikarhatî ye, ango:

$$\overline{u} = \overline{u}_1 = \overline{u}_2 \dots\dots (41)$$

Ji ber ku potensiyela di navbera her du aliyên dewireyê de bikarhatî û xurtiya hilberîner a di her şaxekê re derbasbûyî, bi pêvajoyê re ne, wê demê xurtiyên hilberîner li ser heman rahiştekê ne:

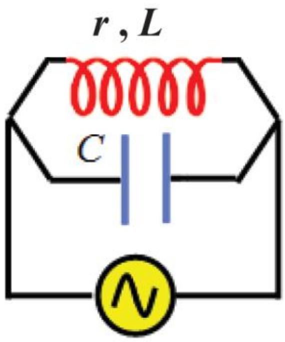
$$I_{eff} = I_{eff_1} + I_{eff_2} \ldots\ldots (\mathbf{42})$$

$$\frac{U_{eff}}{R} = \frac{U_{eff}}{R_1} + \frac{U_{eff}}{R_2}$$




Xurtiyên berhem

b) Rewşa du şaxan ku di ya yekem de têleke badokî xwedî xwegirek heye û di ya duyem de kapasîtorek heye:




Fonkisyona potensiyela di navbera her du aliyên dewireyê de weke di teşe de diyarkirî, bi vê hevkêşeyê tê dayîn:

$$\overline{u} = U_{max} \cos(\omega t) \ldots\ldots (44)$$

Di pêvajoyê de, xurtiya di şaxa têla badokî de bi qasî $\overline{\boldsymbol{\varphi}}_{\mathbf{1}}$ li paşê potensiyela bikarhatî ye û bi vê hevkêşeyê tê dayîn:

$$\overline{i}_1 = I_{max_R} \cos\left(\omega t - \overline{\varphi}_1\right)$$

Di pêvajoyê de, xurtiya di şaxa kapasîtorê de bi qasî $\frac{\pi}{2}$ li pêşiya potensiyela bikarhatî ye û bi vê hevkêşeyê tê dayîn:

$$\overline{i}_2 = I_{max_R} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Bi têbîniya ku her du hevkêşeyên xurtî û potensiyelê heman lêdan in, hevkêşeya xurtiya kêliyî di dewireya resen de (berî şaxkirinê) bi vî awayî ye:

$$\overline{i} = I_{max_R} \cos(\omega t + \overline{\varphi})$$

Her wiha:

$$\vec{I}_{max} = +\vec{I}_{max_L} + \vec{I}_{max_C}$$

$$\frac{\vec{I}_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{\vec{I}_{max_L}}{\sqrt{2}} + \frac{\vec{I}_{max_C}}{\sqrt{2}}$$

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_C}} \ldots\ldots (45)$$

Li gorî ku di vê rewşê de $\overline{\boldsymbol{\varphi}} > \mathbf{0}$ bi karanîna nîşankirina Firînêl, tê xuyakirin ku di pêvajoyê de xurtî di dewireya resen de bi qasî $\overline{\boldsymbol{\varphi}}$ li pêşiya potensiyelê ye û dibe ku xurtiya hilberîner di dewireya resen de yan geometrî yan jî ji vê têkiliyê bê dîtin:

$$I_{max} = \sqrt{I^2{}_{max_L} + I^2{}_{max_C} + 2I^2{}_{max_L} . I^2{}_{max_C}\ cos(\overline{\varphi}_2 - \overline{\varphi}_1)} \ldots (46)$$

Dema ku xwegira têla badokî piştguhkirî be, $\boldsymbol{\varphi_1} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\mathbf{2}}$ ye û wê demê elektiron di her du şaxan de dijberî pêvajoyê dilerizin û di her du şaxan re du herikînên hevdij derbas dibin.

Heger $\boldsymbol{\omega . L} < \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{\omega C}}$ be, wê demê:

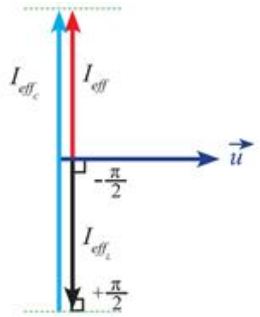
$$I_{eff_L} < I_{eff_C}$$

Weke di teşeyê de, ji nîşankirina Firînêl xurtiya hilberîner di dewireya resen de: $I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$

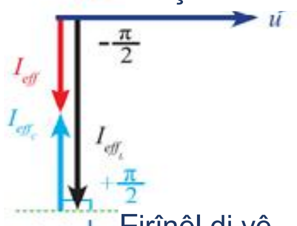
Heger $\boldsymbol{\omega . L} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{\omega C}}$ be, wê demê:

$$\boldsymbol{I_{eff_L} = I_{eff_C}}$$

Weke di teşeyê de, xurtiya hilberîner di dewireya resen de: $I_{eff} = 0$




$\omega L \rangle \frac{1}{\omega C}$ Firînêl di vê rewşê de




$\omega L \langle \frac{1}{\omega C}$ Firînêl di vê rewşê de

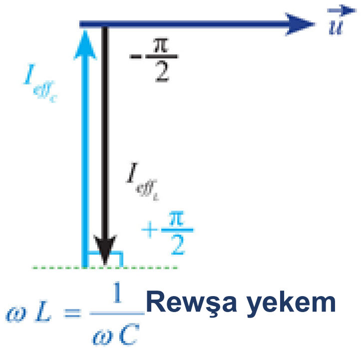
Xurtî tune dibe û ev rewş bi navê fetisîna herikînê tê naskirin û dewire bi fetisîker herikînê tê taybetkirin û wê demê:

$\omega = \omega_r$

$$\omega_r . L = \frac{1}{\omega_r . C} \Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{C.L} \Rightarrow$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{C.L}}$$

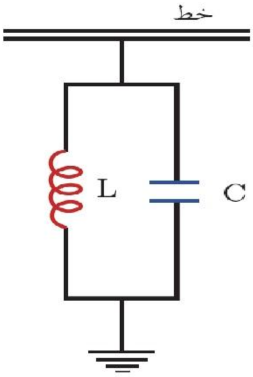
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{C.L}} \dots\dots (47)$$




Li gorî ku $f_r$ lerizîna bersivmendiya elektirîkî ya xweberî ji dewireyê re ye ku herikîna li cem wê encamkirî tuneyî ye, ango herikîna ku ev têkilî dewira wê pêk tîne, di dewireya resen re derbas nabe:

$$T_r = 2\pi\sqrt{C.L} \dots\dots (48)$$

Dewireya fetisîker di pevgirêdana xêzikên veguhestina enerjiya elektirîkî bi erdê ve bi kar tê, bi armanca palandina lerizînên ku xêzik wan ji atmosfîrê digire, ew jî ku lerizîna bersivmendiya dewireya lerizok yeksanî lerizîna herikîna xêzika veguhestinê be, her wiha li gorî vê lerizînê xwegira wê bêdawî ye, lê lerizînên din ên ji atmosfîrê hatin girtin di dewireya lerizok re derbasî erdê dibin.



## Rahênaneke çarekirî (6):

Sê kapasîtorên xwedî firehiyên $\mathbf{20, 80, 40}$ mîkrofarad bi şaxkirin bi jêdera xwedî hêza livîner $\mathbf{100}$ volt û lerizîna $\mathbf{50}$ hirtiz pevgihandî ye, xurtita herikîna di bazinê re derbasbûyî bibînin.

## Çare:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 20 + 80 + 40 = 140 \times 10^{-6}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1 \times 7 \times 10^6}{2 \times 22 \times 50 \times 140} = 22.72\ \Omega$$

$$I = \frac{100}{22.72} = 4.4\ A$$

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bi alîkariya têkiliyên bîrkariyî heger pêwîst be, raveyeke zanistî bidin:**

1) Dema pevgirêdana her du lewheyên kapasîtorê bi pirîzeke herikîneke domdar, ew kapasîtor herikîneke domdar derbas nake.
2) Kapasîtor herikîneke guherbar a sayinî derbas dike, dema pevgirêdana her du lewheyên wê bi pirîza vê herikîna guherbar ve.
3) Kapasîtor xwegireke mezin dide herikînên xwedî lerizînên nizim.
4) Têla badokî xwegireke mezin dide herikînên xwedî lerizînên bilind.
5) Xurtiya hilberîner di gelek alavên bi rêzkirin pevgihandî heman e, li gorî ku çi qasî nirxên xwegirên wan cuda bin.
6) Têla badokî ya xwedî xwegira piştguhkirî û kapasîtor tu karînên elektirîkî namezêxin.

**2- Van girêftariyan çare bikin:**

1. Potensiyeleke domdar $\mathbf{12\ V}$ li ser her du aliyên têleke badokî bi kar bînin, her wiha herikîneke xwedî xurtiya $\mathbf{1\ A}$ tê re derbas dibe û dema ku hûn di navbera her du aliyên heman têla badokî de potensiyeleke guherbar a sayinî ku nirxê wê yê hilberîner $\mathbf{130\ V}$ û lerizîna wê $\mathbf{50\ \boldsymbol{Hz}}$ be bi kar bînin, herikîneke hilberîner $\mathbf{10\ A}$ tê re derbas dibe.
   **a)** Xwegir û xwebera têla badokî bibînin.
   **b)** Heger rûbera parçeya têla badokî $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{80}}\boldsymbol{m^2}$ be û dirêjahiya wê $\mathbf{1}\ \boldsymbol{m}$ be, hejmara pêçanên wê bibînin.

**2.** Lerizîna pirîza herikîneke guherbar a sayinî $\mathbf{50}\ \boldsymbol{Hz}$ e, di navbera her du aliyên wê de bi rêzkirin van alavan girê bidin:

Xwegireke omî $\boldsymbol{R}$, têleke badokî xwedî xwegireke omî û xwebereke piştguhkirî $\boldsymbol{L}$, kapasîtoreke xwedî firehiya $\boldsymbol{C} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2000\pi}}\boldsymbol{F}$

Her wiha potensiyela di navbera her du aliyên parçeyên dewireyê bi rêzkirin wiha ye:

$$U_{eff_3} = 40V\ , U_{eff_2} = 80V\ , U_{eff_1} = 30V$$

**a)** Bi riya nîşankirina firînêl nirxê tevahî potensiyela hilberîner di navbera her du aliyên pirîzê de, bibînin.
**b)** Nirxê xurtiya hilberîner a di dewireyê re derbasbûyî bibînin û piştre fonkisyona demî ji wê xurtiyê re binivîsin.
**c)** Tevahî xwegira dewireyê bibînin.
**d)** Xwebera têla badokî bibînin û fonkisyona demî ji potensiyela di navbera her du aliyên wê de binivîsin.
**e)** Karîgeha karîna dewireyê bibînin.

# WANE 3

## GUHÊREKA ELEKTIRÎKÎ

Pêdiviya karê hinek alavên elektirîkî bi potensiyeleke nizim heye û pêdiviya hineke din bi potensiyeleke rêjeyî bilind heye, gelo çawa potensiyela guncaw ji karê wan re tê peydakirin?

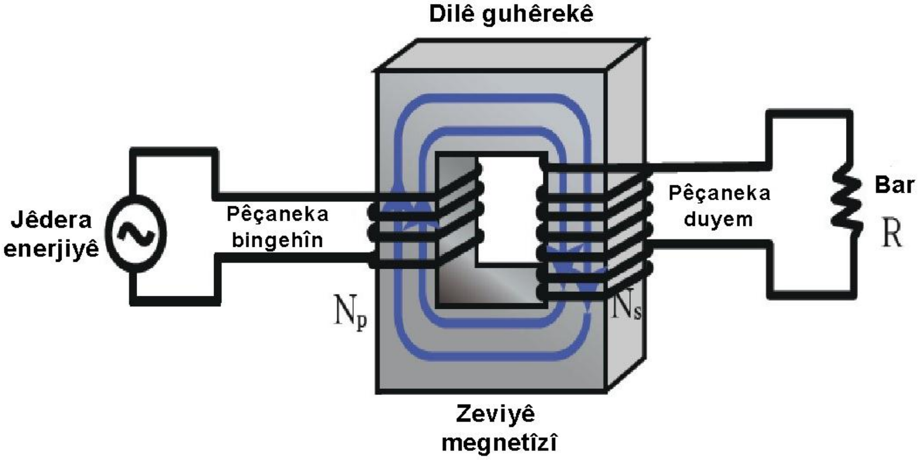
Navenda çêkirina enerjiya elektirîkî di Siwêdîkê de ya girêdayî bajarê Dêrikê, yek ji pirojeyên sereke ye ku di piştgirtiya aboriya welatî de ya bakur û rojhilatê sûriyê alîkar e, li gorî ku bi riya guhêrekên raker ji potensiyelê re, potensiyela hilberîner di rawestgeha çêkirinê de tê bilindkirin, ew jî ji bo kêmbûna windakirina parçeyek ji enerjiya elektirîkî bi karê jûl, li ser vê bingehê guhêrek çi ye? Karê wê çi ye?

### Guhêreka elektirîkî:

Alaveke elektirîkî ye, li ser bilindkirin an nizimkirina potensiyel û her du herikînên hilberîner ên guherbar kar dike, bêyî ku karîna veguhestî û lerizîna herikînê biguhere, ew jî yek ji girîngtirîn pêkanînên dewireyên elektirîkî yên pevgirêdayî ye ku li ser buyera arandina elektiromegnetîzî kar dike.

Guhêrek ji du têlên badokî pêk tê ku her du têlên badokî ji têleke şîner bi cudakerê pêçayî çêkirî ne û li ser tovikeke ji hesina nerim pêçayî ne, têla badokî ya girêdayî pirîza herikînê bi navê têla badokî ya yekem tê naskirin û dewireya wê bi navê dewireya yekem tê naskirin, lê têla badokî ya girêdayî alaveke elektirîkî bi navê têla badokî

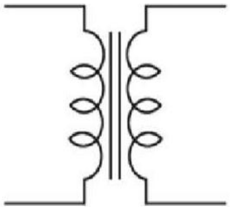
ya duyem tê naskirin û dewireya wê bi navê dewireya duyem tê naskirin.




Her tim di navbera her du têlên badokî yên yekem û duyem de ji guhêrekê re, hejmara pêçanan cuda ne li gorî ku têla badokî ya xwedî hindiktirîn pêçan ji têlekê çêdibe ku parçeya vê têlê ji parçeya têla badokî ya din a xwedî zêdetirîn pêçan, mezintir e.

Dema pêkanîna herikîneke guherbar a sayinî $U_P$ di navbera her du aliyên têla badokî ya yekem de, herikîneke guherbar a sayinî $I_P$ di vê têla badokî re derbas dibe, her wiha dibe sedema çêkirina zeviyeke megnetîzî ya guherbar ku nêzî hemû xêzikên wê di tovika hesinî ya girtî re tên diravêtin (ew jî ji ber derbasbûna megnetîzî ya gelekî mezin li hesinê li gorî derbasbûna megnetîzî li valahiyê, ji bo têla badokî ya duyem derbas bike), her wiha bi piştguhkirina xwegira têlên badokî di guhêrekê de hêzeke livîner, elektirîkî û arîner çêdibe ku yeksanî potensiyela guherbar a arîker $U_s$ ye û herikîneke guherbar a arîner $I_s$ di têla badokî ya duyem de çêdibe ku potensiyela herikîna veşandî di têla badokî ya yekem de, jê re heye.

### Têkiliya di navbera her du hêzên livîner û elektirîkî de di pêçana guhêreka nimûneyî de:



Dema ku pêçana destpêkê digihe jêdereke keda sayinî (cudahiya potensiyelê), guherîna di zeviya megnetîzî de hêzeke livîner, elektirîkî û arîner di pêçana duyem de ya heman lerizîn çêdike û hêza livîner, elektirîkî û arîner di pêçana duyem de bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

**Li gorî ku:**

Guhêreka elektirîkî di dewireyên elektirîkî de bi sembola bûrî tê nîşankirin.

$\boldsymbol{N_s}$: Hejmara pêçanên pêçeka duyem e.

$\frac{\Delta\boldsymbol{\phi}}{\Delta\boldsymbol{t}}$: Navîniya diravêtina xêzikên zeviya megnetîzî ya ku wê dibire.

Di heman demê de, hêzeke livîner û elektirîkî di pêçana destpêkê de çêdibe û bi navîniya ku bi wê zeviya megnetîzî tê guherîn, tê girêdan.

Ev hêza livîner nêzî hêza livîner a elektirîkî ji jêdera derveyî hevseng dibe û dibe ku parçeyek ji kedê di hundirê xwegira têlê de bê mezaxtin û ev hêza livîner a arîner li ser nîşankirina nirxê herikînê kar dike, li gorî ku gelekî zêde nebe ji ber ku dê pêçeka destpêkê bişewite û bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (2)$$

Li gorî ku $\boldsymbol{N_p}$ hejmara pêçanên pêçeka destpêkê ye.

Heger windakirin di zeviya megnetîzî ya bi giştî di pêçeka duyem de çêbûyî tune be, dibe ku her du têkiliyên bûrî belavî hev bibin:

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{N_s}{N_p} \dots\dots\dots (3)$$

Ev têkilî çawaniya girêdana hêza livîner ji pêçeka duyem re $\boldsymbol{\varepsilon_s}$ bi hêza livîner $\boldsymbol{\varepsilon_p}$ ve nîşan dike, heger $\boldsymbol{N_s}$ **ji** $\boldsymbol{N_p}$ mezintir be, guhêrekeke ji kedê re raker heye li gorî ku hêza livîner û elektirîkî ya pêçeka duyem, ji hêza livîner û elektirîkî ya pêçeka destpêkê mezintir e.

**Mînak:**

Heger hejmara pêçanên pêçeka duyem du qatê hejmara pêçanên pêçeka destpêkê be, wê demê $\boldsymbol{\varepsilon_s}$ du qatê $\boldsymbol{\varepsilon_p}$ ye.

Heger $\boldsymbol{N_s}$ **ji** $\boldsymbol{N_p}$ biçûktir be, guhêrekeke ji kedê re nizimker heye û $\boldsymbol{\varepsilon_s}$ ji $\boldsymbol{\varepsilon_p}$ kêmtir e.

## Têkiliya di navbera her du xurtiyên herikînan di her du pêçekên guhêrekê de:

Heger windakirin di enerjiya elektirîkî di guhêrekê de tune be, wê demê li gorî zagona parastina enerjiyê, divê enerjiya elektirîkî ya di pêçeka destpêkê de mezaxtî yeksanî enerjiya elektirîkî ya di pêçeka duyem de çêkirî be, ango:

$$\varepsilon_s . I_p . t = \varepsilon_s . I_s . t$$

Her wiha:

$$\varepsilon_s . I_p = \varepsilon_s . I_s$$

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

Xurtiya herikînê di kîjan pêçekê de be, bi hejmara pêçanên wê re di nava rêjedariyeke vajî de ye, dema ku hejmara pêçanên pêçeka duyem du qatê pêçanên pêçeka destpêkê be, wê demê xurtiya pêçeka duyem yeksanî nîvê xurtiya pêçeka destpêkê, ji vir girîngiya bikaranîna guhêreka ji kedê re raker li cem rawestgeha çêkirina elektirîkî tê xuyakirin, li gorî ku ked li nirxekî bilind tê rakirin, her wiha xurtiya herikînê li nirxekî gelekê kêm tê kêmkirin, her wiha navîniya windakirinê di karînê de kêm dibe û yeksanî:

$$P \; = I^2 . R$$

Li gorî ku $\boldsymbol{I}$ xurtiya herikîna elektirîkî ya di têlan re derbasbûyî ye ku xwegira wê $\boldsymbol{R}$ ye, ji ber vê yekê heger bi riya guhêreka ji kedê re raker herikîna elektirîkî di têlên veguhestinê de daxin $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{100}}$ ji xurtiya herikîna pêçeka wê ya destpêkê, wê demê heger herikîna elektirîkî di pêçeka destpêkê de heman xurtiya xwe ya resen ma, enerjiya windakirî digihêje $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{10000}}$ ji enerjiya windakirî.

Li cem herêmên belavkirinê, guhêrekên ji kedê re nizimker bi kar tên, li gorî ku cudahiya kedê li ser pêçeka duyem $\mathbf{220}$ volt e, ew jî keda vêxistina gilopên ronîkirinê û piraniya alavên elektirîkî yên di malan de bikarhatî ne.

## Karê guhêrekê:

**Dema pêkanîna potensiyeleke guherbar a sayinî, gelo çawa karê guhêrekê şîrove dibe?**

Dema pêkanîna potensiyeleke guherbar a sayinî di navbera her du aliyên dewireya destpêkê de, herikîneke guherbar a sayinî tê re derbas dibe, her wiha di hundirê têla badokî de zeviyeke megnetîzî ya guherbar çêdibe, tovika hesinî li ser derbasbûneke tam kar dike, li dewireya duyem wê diravêje, her wiha hêzeke livîner û elektirîkî çêdibe ku bi piştguhkirina xwegira têlên badokî di guhêrekê de yeksanî potensiyela guherbar a sayinî ya di navbera her du aliyên wê de be, her wiha herikîneke elektirîkî ya guherbar tê re derbas dibe ku heman lerizîna herikîna di pêçeka destpêkê re derbasbûyî ye.

## Başiya guhêreka elektirîkî:

Heger windakirin di enerjiya elektirîkî de di guhêrekê de tune be, ev tê wateya ku enerjiya di pêçeka duyem de çêkirî yeksanî enerjiya elektirîkî ya windakirî di pêçeka destpêkê de ye, ango başiya guhêrekê $100\%$

Weke vê guhêrekê di jiyana zanistî de tune ye, ji ber ku enerjî winda dibe, ji ber van sedeman:

1. Di têlan de, parçeyek ji enerjiya elektirîkî bi enerjiya têhnî vediguhere û ji bo kêmkirina vê windakirinê, bikaranîna têlên kanzayî baştir e.

2. Di dilê hesinî de ji ber herikînên dewamî, parçeyek ji enerjiya elektirîkî bi enerjiya têhnî vediguhere û ji bo kêmkirina vê windakirinê her wiha kêmkirina herikînên dewamî, dilê hesinî ji telaşê ji hesinê nerim ê sîlîkonî cudakirî tê çêkirin, ew jî ji ber ku xwegira wê mezin e.
3. Parçeyek ji enerjiya elektirîkî bi enerjiya mîkanîkî vediguhere, di tevgerandina molokulên dilê hesinî de tê mezaxtin û ji bo kêmkirina vê windakirinê hesinê nerim ê sîlîkonî bi kar tê ji bo hêsankirina tevgera molokulên wê yê megnetîzî.

Bi giştî heger enerjiya windakirî $\mathbf{10}\%$ ji enerjiya elektirîkî ya resen be, wê demê başiya guhêrekê $\mathbf{90}\%$.

başiya guhêrekê bi rêjeya enerjiya elektirîkî ya ji pêçeka duyem bidestxistî li enerjiya elektirîkî ya ji pêçeka destpêkê re hatî dayîn di heman demê de, tê pênasekirin, ango:

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100$$

## Rahênaneke çarekirî (3):

Guhêrek li ser jêdereke herikîneke lerizok kar dike, ku hêza wê ya livîner û elektirîkî $\mathbf{100\ V}$ be, herikîneke xwedî xurtiyeke $\mathbf{4\ A}$ dide hêza wê ya livîner û elektirîkî $\mathbf{900\ V}$, gelo heger başiya guhêrekê $\mathbf{100}\%$, xurtiya herikîna jêderê çi qas e?

## Çare:

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{I_p}{I_s} \Rightarrow \frac{900}{240} = \frac{I_p}{4} \Rightarrow I_p = \frac{900 \times 4}{240} = 15\ A$$

## Rahênaneke çarekirî (4):

Zingilekî elektirîkî li ser guhêrekeke elektirîkî xwedî başiyeke $80\%$ siwarkirî ye, heger hêza livîner a elektirîkî di malê de $220\ V$ be, guhêrek $8\ V$ dide:

1. Heger hejmara pêçanên pêçeka destpêkê $(1100)$ pêçan be, gelo hejmara pêçanên pêçeka duyem çi qas e?
2. Heger xurtiya herikînê di pêçeka destpêkê de $0.1\ A$ be, gelo xurtiya herikînê di pêçeka duyem de çi qas e?

## Çare:

1. $\eta = \frac{\varepsilon_s . I_s}{\varepsilon_p . I_p} \times 100 \quad \Rightarrow \eta = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} \times \frac{N_p}{N_s} \times 100$

$$80 = \frac{8}{220} \times \frac{1100}{N_s} \times 100 \quad \Rightarrow \quad N_s = 50 \text{ pêçan}$$

2. $\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \quad \Rightarrow \quad \frac{I_s}{0.1} = \frac{1100}{50} \quad \Rightarrow \quad I_s = 2.2\ \text{A}$

## Başkirina başiya karê guhêrekê:

Dema hûn barkera mobayilê bi kar bînin, di dema bikaranîna barkirinê de, bilindbûna pileya germahiya wê hîs dikin, gelo çima? Gelo girîngtirîn çareyên zanistî ji bo başkirina başiya karê guhêrekê çi ne?

- Sedemên bilindbûna pileya germahiya barker (guhêrek) ev in:
- Windakirina parçeyeke enerjiya elektirîkî, têhnî bi karê jûl.
- Herikînên Fogo yên arîner.

Ji bo başkirina başiya karê guhêrekê ev çêdibin:

- Têlên badokî ji sifirê ya xwedî xwegireke biçûk, ji bo kêmkirina enerjiya elektirîkî ya windayî, bi karê jûl.
- Tovika hesinî ji telaşên zirav ji hesina nerim a jev cudakirî, ji bo kêmkirina bandoriya herikînên arîner (herikînên Fogo).

## Guhêrekên ji potensiyelê re nizimker:

Gelek bikaranîn ji guhêrekên ji potensiyelê re nizimker re hene, ji wan:

- Barkirina hinek alavên elektirîkî û di firinên helandinê de.
- Lîstokên zarokan ên ku di wan de potensiyel ji $\mathbf{220}\ \boldsymbol{V}$ dadikeve $\mathbf{12}\ \boldsymbol{V}$ an jî kêmtir.
- Bikaranînên lihêma elektirîkî li gorî ku pêdivî bi herikîneke xwedî xurtiyeke ji pêpilka sedên empêr heye.

## Lêvegerandina guhêrekê û veguhestina enerjiya elektirîkî:

Lêvegerandina veguhestinê bi vê têkiliyê tê dayîn:

$$\eta = \frac{P - P'}{P}$$

Li gorî ku:

$\boldsymbol{P}$: Karîna ji jêdera herikîna guherbar çêkirî ye.

$\boldsymbol{P'}$: Karîna di têlên veguhestinê de windakirî, têhnî bi karê jûl.

$$\eta = 1 - \frac{P'}{P}$$

Ji ber ku karîgeha karînê gelekî nêzî yekê ye, wê demê:

$$P = U_{eff} . I_{eff}$$

$\boldsymbol{U_{eff}}$ potensiyela hilberîner a di navbera her du aliyên jêderê de ye.

$$P' = R . I^2{}_{eff}$$

Li gorî ku $\boldsymbol{R}$ xwegira têlên veguhestinê ye.

Di têkiliya lêvegerandinê de bi cih bikin:

$$\eta = 1 - R \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$$

Ji bo lêvegerandin nêzî yekê bibe, divê xwegira têlên veguhestinê $\boldsymbol{R}$ biçûk bibe, yan jî $\boldsymbol{U_{eff}}$ mezin bibe, ew jî çêdibe bi riya bikaranîna guhêrekên ji potensiyelê re raker, li cem navenda çêkirina herikînê û piştre dema bikaranînê, li ser pêvajoyan nizimkirina wê.

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

1. Rêjeya veguherîna guhêreke elektirîkî $\boldsymbol{\eta = 2}$ ye û nirxê xurtiya wê ya hilberîner di pêçeka wê ya duyem de $\boldsymbol{I_{effs} = 6\,A}$ ye, wê demê xurtiya hilberîner di pêçeka wê ya destpêkê de ev e:

   $\boldsymbol{a})\ I_{effp} = 2\,A$ $\boldsymbol{b})\ I_{effp} = 12\,A$

   $\boldsymbol{c})\ I_{effp} = 9\,A$ $\boldsymbol{d})\ I_{effp} = 3\,A$

2. Rêjeya di navbera enerjiya elektirîkî di pêçeka duyem de û enerjiya elektirîkî di pêçeka destpêkê de, bi vî navî tê naskirin:

**a)** enerjiya windakirî **b)** enerjiya hatî dayîn

**c)** başiya guhêrekê **d)** hêza vêxistina jeneretorê

**2- Raveyeke zanistî bidin:**

1. Enerjiya elektirîkî bi riya herikîneke domdar, li dirêjahiyên dûr nayê veguhestin.
2. Bi potensiyelekê, enerjiya elektirîkî çend hezarên voltan vediguhêze û piştre dema mizêxerê dadikeve $\boldsymbol{220\,V}$.
3. Tovik di guhêrekê de, ji lewh an jî boriyên ji hesina nerim cudakirî, çêdibe.

**3- Van girêftariyan çare bikin:**

1. Hejmara pêçanên pêçekekê $\mathbf{80}$ pêçan in, rûbera parçeya wê $\mathbf{0.2}\ \boldsymbol{m^2}$ e, li ser navbereke megnetîzî ya birêkûpêk tîkî daliqandî ye, dema ku pêçek $\mathbf{0.25}$ dewire di $\mathbf{0.5}$ çirke de dizivire, navîniya hêza livîner a arîner $\mathbf{2\ V}$ ye, xurtiya zeviya megnetîzî bibînin.
2. Şivikek ji sifirê bi dirêjahiya $\mathbf{30}\ \boldsymbol{cm}$ li ser zeviyeke megnetîzî ku xurtiya wê $\mathbf{0.8}\ \boldsymbol{Tesla}$ ye, bi awayekî tîk û bi lezeke $\mathbf{0.5\ m}/\boldsymbol{s}$ dilive, hêza livîner, elektirîkî û arîner di vê şivikê de bibînin.
3. Hêzeke livîner, elektirîkî û arîner bi qasî $\mathbf{10}\ \boldsymbol{V}$ di pêçekekê de çêdibe, heger xurtiya herikîna tê re derbasbûyî bi qasî $\mathbf{40}\ \boldsymbol{A}/\boldsymbol{s}$ bê guherîn, karîgeha xweberî ji pêçekê re bibînin.

# BEŞA SÊYEM

## LÊKOLÎNEK DI DERBARÊ ASTROFÎZÎKÊ DE

# LÊKOLÎNA ASTROFÎZÎK

Mirov ji kevin de bi esmanan difikire û hewil da ku bi riya cîgehên kevirên esmanî tê de ronîkirî lêkolîn bike û bi teşeyên nîgaşbûyî ve girê bide ku gelek caran dibû weke efsan, lê di sedsala bîstan de, piştî derketina teoriyên nûjen weke rêjeyiya giştî, û piştî ku bi riya teleskopên mezin yên ku li derdora erdê di çerxan de weke setelayitê mîna teleskopa Hapilê dizivirin, derfeta çavdêriya gerdûnê ji derveyî atmosifîrê çêbû, li gorî van tiştan wêne bêtir diyar bû.

- Hûn çi di esmanan de dibînin?
- Di şeveke bêewir de, di cihekî ku tê de qirêjbûna şewqî nebe, li esmanan binêrin û tiştên ku we dîtî bêjin, gelo ji kevirên esmanî yên ronîkirî re heman xurtiya şewqê heye yan na?
- Şopandina esmanan bêtirî rojekê dubare bikin, gelo hemû kevirên esmanî di heman cîgehê de dimînin? Û belavbûna wan heman dimîne?
- Hinek tiştên ku hûn weke xalên ronîkirî dibînin, di pergala me ya rokê de gerestêrk in û hinek ji wan stêrk in û hinek jî galaksî ne û hwd, gelo çawa jev tên naskirin?

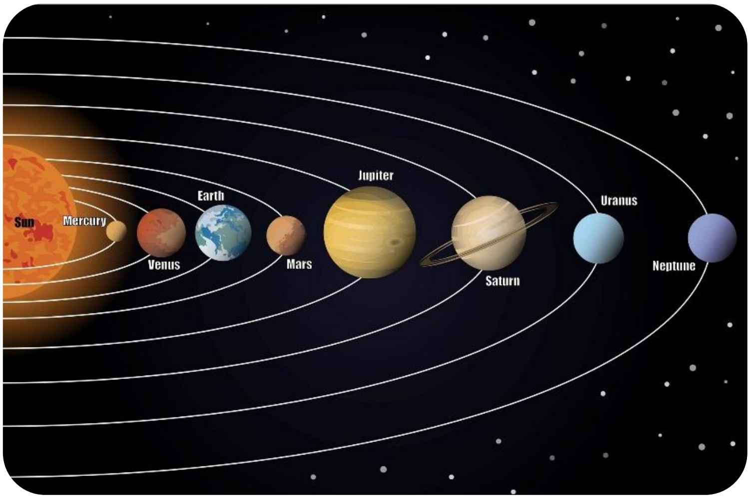
## Encam:

- Tîrêjweşîna gerestêrkan bêtir ji tîrêjweşîna stêrkan cihê xwe digire.
- Cîgehên gerestêrkan tên guherîn, lê stêrk weke teşeyên xwecih xuya dikin.

- Li gorî çavdêrekî li ser erdê, gerestêrk di navbereke destnîşankirî de tev digere, lê stêrk li gorî dirêjbûna lûtikeya esmanî, belav dibe.
- Bi karanîna teleskopê, gerestêrk bêtir diyar in, lê stêrk weke xalên ronîkirî dimînin.

## Pergala rokê:

Gerestêrkên pergala rokê heşt in, çar ji wan gazî ne û yên din kevirî ne, nîşan bikin kîjan gazî ne, gelo ew gerestêrk ji rokê nêzîktirîn an jî dûrtirîn gerestêrk in?



**Jêdera enerjiya ku rok dide çi ye?**

## Bihizirin:

Rok weke stêrkên din bi awayekî bingehîn hîdrojen û hîlyom digire û bi demê re qasiya hîlyom zêde dibe û ya hîdrojen kêm dibe û ya rokê jî kêm dibe, gelo çawa ev tişt bi hev ve tên girêdin?

## Encam:

Di stêrkan de hîdrojen tevlî hev dibe ji bo hîlyom bi dest bixe û bi vê encamê li gorî Aynîştayn di rêjeyiya taybet de $\Delta \boldsymbol{E} = \Delta \mathbf{m}.\boldsymbol{c}^2$, kêmbûna di sengê de dibe enerjiyek.

## Rahênaneke çarekirî:

Dema pêşkêşkirina erdê ji tîrêjên rokê re, navînî her $\mathbf{1}\ \boldsymbol{m}^2$ ji ruyê erdê $\mathbf{6.3} \times \mathbf{10^4}\ \boldsymbol{J}$ distîne, li gorî ku $\mathbf{47}\ \%$ digihêje ruyê erdê û ya mayî atmosifîr wê dimije yan jî jê vedigere valahiyê.

Heger durahiya rokê ji erdê derdorî ($\mathbf{150}$) milyon kilometer be (Durahiya atmosifîrê ji ruyê erdê piştguhkirî dibe), kêmbûna di senga rokê de di her çirkekê de bibînin.

## Çare:

Enerjiya hatî ji her $\mathbf{1}\ \boldsymbol{m}^2$ re ji erdê:

$$E_1 = 6.3 \times 10^4 \times \frac{100}{47} \Rightarrow E_1 = 13.4 \times 10^4\ J$$

Wê demê enerjiya tevahî ya ji rokê derketî di çirkekê de, ew enerjiya ji ruyê gogekê re hatiye ku navenda wê rok be û nîveşkêla wê ($\mathbf{150}$) milyon kilometer be.

$$\Delta E = 4\pi . r^2 . E_1$$

$$\Delta E = 4\pi \times (150 \times 10^6 \times 10^3)^2 \times 13.4 \times 10^4$$

$$\Delta E \approx 161.4 \times 10^{24}\ J$$

Li gorî têkiliya Aynişţayn $\Delta \boldsymbol{E} = \Delta \mathbf{m}.\boldsymbol{c}^{2}$ ev enerjî encama kêmbûna di senga rokê de ye:

$$\Delta \mathrm{m} = \frac{\Delta E}{c^{2}}$$

$$\Delta \mathrm{m} = \frac{8 \times 10^{27}}{(3 \times 10^{8})^{2}}$$

$$\Delta \mathrm{m} = 0.8 \times 10^{11}\ kg$$

Ew jî qasiya kêmbûna di rokê de ye di her kêliyekê de.

## Veguherîna hîdrojenê bi hîlyomê di stêrkan de (mîna rokê):

Zanyar bi riya vegerandina li çawaniya çêkirina stêrkan, çêkirina stêrkan ji enerjiyê re şîrove dikin li gorî teoriya Nebula ya ku dibêje, rêaksona newewî di hundirê stêrkê de dest pê dike, dema ku ewireke ji gaz û parçekokan bi bandoriya dewisîna ji kêşana wê çêbûyî, hildiweşe, ev hilweşandin gogeke mezin ji şewqê çêdike û tevlîbûna di navbera atoman de dest pê dike bi bandoriya dewisîn û germahiyên bilind, her wiha ji bo hîdrojen bibe hîlyom, hîdrojen yê piraniya stêrkan tê, tevlî hev dibe û li gorî têkiliya Aynişţayn bi encama kêmbûnê di sengê de, enerjiyê dide.

## Tîrêjbûna stêrkî:

## Bihizirin:

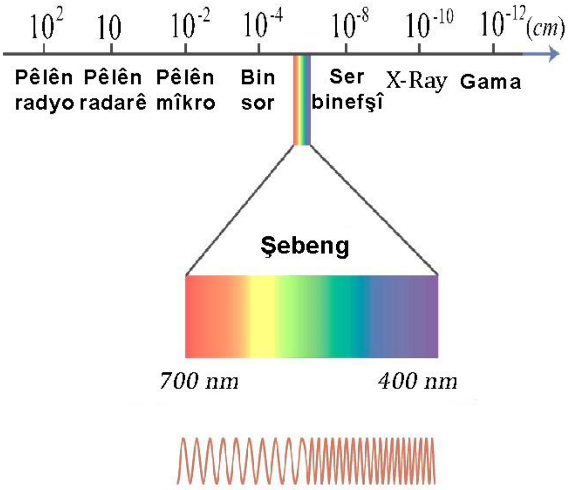
- Gelo stêrk heman reng in?
- Ji ber ku şewq pêleke elektromagnetîk e, çawa rengê şewqê cuda dibe?
- Girêdayî pêkhatina stêrkê ye?
- Zagonên Keplir û çawaniya bikaranîna wê di pîvana senga stêrkan de, bi bîr bînin.

## Encam:

Dibe ku seng, temen, pêkhatina kîmyayî û hinek taybetiyên din ê stêrkê, bi têbînî, lêkolîna şebenga wê û xurtiya ronîkirin û tevgera wê nîşan bibin.

## Labirbûna ber bi şebenga sor ve:

Bi riya çavdêriya zanyarê Hapil li galaksiyên dûr, dema dît ku çi qasî galaksî dûr be labirina şebenga wê ber bi sor ve ye, matmayî ma.



## Ev tê çi wateyê? Girêdayî tevgera pergalan e:

Şewq, şebenga berçav ji pêlên elektromegnetîzî ye, rengên wê ji binefşî ber bi sor ve diçe (Rengên keskesor) û çi qasî dirêjahiya pêlî zêde bibe, reng nêzî sor dibe.

Gelo labirina şebenga galaksiyan ber bi şebenga sor ve, tê çi wateyê?

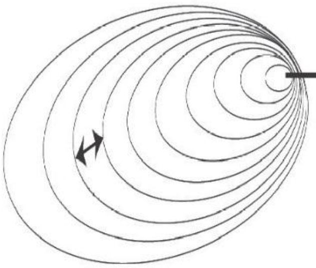
Dûr an jî nêzîkî me tev digere?

Bandoriya Dopler vî tiştî diyar dike.

## Bandoriya Dopler:

Cudahiya dengê zembûra tirimbêlê, dema ku nêz bibe û dûr berdewam dike heye, çima?

Deng pêl e, gelo dema çavkaniya çêkirina pêlê dûrî çavdêr bikeve, wê çi çêbibe?




Dema ku çavkanî li gorî çavdêr rawestî be, dirêjahiya pêlê dibe $\boldsymbol{\lambda}$ : $\boldsymbol{\lambda} = \frac{\boldsymbol{v}}{\boldsymbol{f}}$

Li gorî ku $\boldsymbol{f}$ potensiyela lerizînê ye, $\boldsymbol{v}$ leza pêlê ye, $\boldsymbol{\lambda}$ dirêjahiya pêlê ye.

Dema ku çavkanî bi lezekê $\boldsymbol{v'}$ dûrî çavdêr tev digere, dirêjahiya pêlê dibe $\boldsymbol{\lambda'}$:

$$\lambda' = \frac{v + v'}{f}$$

$$\lambda' = \frac{v + v'}{\frac{v}{\lambda}}$$

$$\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda$$

Ev tê wateya ku $\boldsymbol{\lambda'}$ ji $\boldsymbol{\lambda}$ mezintir e.

Dema ku dirêjahiya pêla şewqê zêde dibe, çi çêdibe?

## Encam:

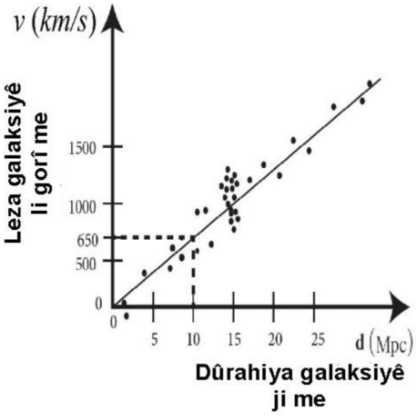
Dema ku çavkaniyeke pêlî dûrî çavdêrekî diçe, wê demê dirêjahiya pêlî zêde dibe û ji ber ku şewqa bi dirêjahiya pêlî ya mezin sor e, wê demê dema ku çavkanî dûrî çavdêr dikeve, şebeng ber bi sor ve diçe.

## Xweciha Hapil:

### Çalakî:

Li gorî girafîka li jêr bersivê bidin:

Li gorî lêkolîna zanyarê Hapil, girafîk leza galaksiyê bi riya dûrahiya wê ji erdê dide xuyakirin.




Ji bo pîvana durahiya galaksî mena ($\mathbf{Mpc}$) bi kar anî, bi awayê milyon pasêk (parsec) astromînîk tê xwendin, ew jî meneke ku tê de durahiya mezin di navbera galaksî de tê pîvan.

Li gorî ku: ($\mathbf{1\ pc = 3.26}\ \boldsymbol{Ly\ \ saleke\ şewqî}$)

Kîjan mezintir e, leza durahiya galaksî yên nêz an jî dûrî erdê?

Ev tê wateya ku Hapil, di şebenga dûrtirîn galaksî de labirineke ber bi sor ve, yan jî ber bi şîn ve dîtiye?

Dibe ku leza galaksiyan bi durahiya xwe re bi awayekî rêjedar bê guherîn?

Xweciha rêjedariyê (meyl) ya herî nêzîk bi $\boldsymbol{H_0}$ sembol bikin û têkiliya di navbera $\boldsymbol{d, H_0, v}$ de bibînin.

## Encam:

Hapil labirina şebenga dûrtirîn galaksî ber bi sor ve dît, ango di dirêjahiya pêlî de zêdebûn, li gorî Doplêr ev tê wateya zêdebûnê di leza dûrahiya ji erdê de û bi lêkolîna zêdebûna leza galaksî bi riya durahiya wê ji erdê, Hapil gihişte encamekê ku çi qasî galaksî dûr be, leza dûrbûna wê mezintir e li gorî têkiliya: $\boldsymbol{v = H_0 . d}$

$\boldsymbol{v}$: Leza galaksî li gorî erdê ye.

$\boldsymbol{H}$: Xweciha Hapil e.

$\boldsymbol{d}$: Dûrahiya galaksî ji erdê ye.

## Rahênaneke çarekirî:

1. Xweciha Hapil bi riya menên di girafîka bûrî de bikarhatî û piştre bi riya menên navnetewî, bibînin.

$\mathbf{pc\ (parsec)}$**:** Pasêka astromînîk e û yeksanî $\boldsymbol{3.26\, Ly}$ salên şewqî ne

2. Durahiya galaksî bibînin li gorî ku xêzika şebenga hîdrojenê tê de hatiya çavdêrkirin, rêjeya labirina dirêjahiya pêlê li dirêjahiya resen $\mathbf{1/30}$ ye.

3. Ji bo şewq ji wê galaksiyê bigihêje erdê, çend sal pêwîst in?

**Çare:**

**1)** Dûrahiya di navbera sifir û $\mathbf{10\ Mpc}$ bibin, her wiha leza beramber a di navbera sifir û $\boldsymbol{680\ km/s}$ de ye.

$$H_0 = \frac{v}{d} \Rightarrow H_0 = \frac{680}{10} = 68\ km/s.\mathrm{Mpc}$$

Ev xweciha Hapil bi menên navnetewî ye.

Destpêkê sala şewqê bibînin, ew dirêjahiya ku şewq di saleke zayînî de di valahiyê de qut dike:

$$\text{Saleke şewqî} = 3 \times 10^8 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25 \Rightarrow$$

$$\text{Saleke şewqî} = 9.46728 \times 10^{15}\ m$$

$$1\ \mathrm{pc} = 3.26\ Ly = 3.26 \times 9.46728 \times 10^{15} \approx 3 \times 10^{16}\ m$$

$$H_0 = \frac{680 \times 10^3\ (m/s)}{10^6 \times 3 \times 10^{16}\ (m)} = 226.6 \times 10^{-19}\ \ s^{-1}$$

Ev xweciha Hapil piştî vegerandina wê ji menên navnetewî ye.

**2)**

$$\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{c}\right)\lambda$$

$$\lambda' = \lambda + \frac{v'}{c}\lambda$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{v'}{c}\lambda$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{c}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{v'}{3 \times 10^8} \Rightarrow v' = 10^7\ m/s$$

Ji zagona Hapil: $v = H_0 . d$

$$10^7 = 226.6 \times 10^{-19} \times d \Rightarrow$$

$$d = 4.41 \times 10^{23}\ m$$

**3)** $c = \frac{d}{t} \Rightarrow t = \frac{d}{c} = \frac{4.41 \times 10^{23}}{3 \times 10^8} = 1.47 \times 10^{15}\ \text{çirkeke şewqî}$

Ev dem bi salên şewqî pîvankirî ye:

$$t = \frac{1.47 \times 10^{15}}{60 \times 60 \times 24 \times 365.25} = 4.66 \times 10^7\ Ly$$

Ango ew galaksî bi qasî $\mathbf{4.66 \times 10^7}$ salên şewqî, dûrî me ye, ev tê wateya ku di roja îro de, tiştên ku di wan galaksiyan de tê dîtin ji $\mathbf{4.66 \times 10^7}$ salên şewqî çêbûye.

## Cureyên stêrkan:

Pergala rokê stêrkeke tenê digire, ew jî rok e, gelo hemû stêrkên di gerdûnê de bi tenê ne?

Teleskop nîşan dane ku gelek stêrk, cot in (Binary stars) û li derdora hev dizivirin.

Belkî hinek stêrkên cot bi çavan werin dîtin weke stêrka ku xwarbûnê di destê hirçê de çêdike, ew bi rastî du stêrk in, yek ji wan mizar û ya hindiktirîn beriqandin Alcor e û her du gelekî nêzî hev in li gorî ku ji bo cudahiya di navbera wan de, pêdivî bi dîtineke pir baş heye (Ev di kevin de dihat bikaranîn ji bo fehsa xurtiya dîtinê).

## Teoriya Big Bang:

### Bihizirin:

Diyardeya labirinê ber bi sor ve ji şebengên galaksî re, nîşan dide ku hemû galaksî jev dûr in, valahiya gerdûnî weke pimpimokeke ku tê pivdan, dirêj dibe.

Heger hûn bi vegerandina demî re, dîmenê bînin ber çav, gelo gerdûn di kevin de çawa bû?
Ji vê gerdûnê re dawî heye?

### Encam:

Zêdetirîn teoriyên ku li derdora çêbûna gerdûnê yên hatin pejirandin, teoriya Big Bang e, li gorî wê gerdûn berî **13.8** milyar sal çêbûye, di wê demê de gerdûn xaleke bitenê û gelekî biçûk bû, tîrbûna wê pir bilind bû, ew jî ji ber heyber û germahiya ku kesek nikare aşop bike, piştre teqîna mezin çêbû û heyber weke teşe çêdibû, destpêkê parçekokên destpêkê çêbûn piştre atom û molokûl û toza gerdûnî, her wiha stêrk û galaksî û firehbûna gerdûnê heta roja îro berdewam e.

## Bingehên fîzîkî ji teoriya Big Bang:

1. Labirina ber bi sor ve ji şebenga galaksiyan re.
2. Bêahengiyeke lawaz heye, ji pêlên radiyoyê yên ku her bi awayekî rêxistinkirî ji hemû aliyên gerdûnê ve tên û bi heman xurtiya texmînkirî di dema niha de, ji tîrêjbûna Big Bangê re.
3. Qasiyên pir mezin ji hîdrojen û hîlyomê di stêrkan de heye, mîna qasiya hîlyoma ku rokê digire sê qatan bêtirî qasiya ku bi encama tevlîbûna hîdrojenê di navenda rokê de çêdibe, pêdiviya vî tiştî bi jêdereke din pir mezin heye ku bilindtirîn pileya wê ya germahiyê bi gelekî bêtirî pileya germahiya rokê be, ev xulekên destpêkê ne ji destpêkirina Big Bang.

**Rahênaneke çarekirî:**

Heger xweciha Hapil $\boldsymbol{H_0 = 226.6 \times 10^{-19}\ s^{-1}}$ be, temenê gerdûnê yê giroverkirî li gorî zagona Hapil bibînin.

**Çare:**

$\boldsymbol{d}$ dûrahiya galaksiyekê ji erdê ye, di heman demê de ji dema çêbûna teqîna mezin, dirêjahiya ku galaksiyê qut kiriye çi qas e, li gorî ku galaksiya me û hemû galaksî di heman xalê de bûn, dema ku ji teqîna mezin $\boldsymbol{t}$ heta îro bûriya bi navê temenê gerdûnê bi nav bikin $\boldsymbol{v = \frac{d}{t}}$.

Lê: $v\ = H_0\,.\,d$

$$\frac{d}{t} = H_0\,.\,d \Rightarrow t = \frac{1}{H_0} = \frac{1}{226.6 \times 10^{-19}} = 4.41 \times 10^{16}\ \ s$$

Temenê gerdûnê yê giroverkirî bi salan:

$$t = \frac{4.41 \times 10^{16}}{60 \times 60 \times 24 \times 365.25} \approx 14 \times 10^{9}\ \ years$$

Ango: temenê gerdûnî derdorî $\mathbf{14}$ milyar sal e.

## Belavbûna galaksiyan di gerdûnê de:

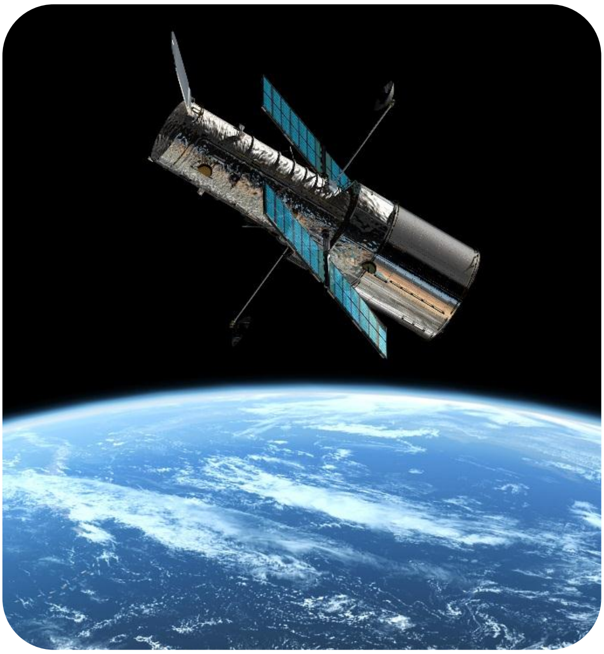
- Galaksî, sîstemeke gerdûnî ye, ji kombûneke mezin ji stêrk, toz, û gazan ku bi hev ve bi hêzên kêşana hevguhêr pêk têk, li derdora navendeke hevbeş dizivirin.
- Zanyar dibêjin derdorî $\mathbf{10^{10}}$ heta $\mathbf{10^{12}}$ galaksiyan di gerdûnê de hene, dûrtirîn galaksiyên ku hatine wênegirtin bi qasî $\mathbf{10}$ heta $\mathbf{13}$ milyar salên şewqî ne, di qebareyên xwe de di navebra galaksiyên kurt de yên ku hejmara stêrkên wê ne zêdeyî $\mathbf{10^{7}}$ stêrk in û rûbera wan derdorî hezar salên şewqî ne û galaksiyên mezin ên ku bêtirî $\mathbf{10^{12}}$ stêrk digire û qebareya wan derdorî milyon salên şewqî ne.

## Galaksiya me:

Galaksiya me bi navê kadiz tê naskirin û tê de bêtirî $2 \times 10^{11}$ stêrk heye, zanyar dibêjin ku eşkêla wê derdorî $100$ hezar salên şewqî ne, gelek kombûnên stêrkî digire tevlî pergala rokî, ya ku gerestêrka me (gerestêrka erdê) endamê wê ye.

### Ronîkirineke zanistî

- Ji bo rûmetdarkirina zanyarê Hapil, teleskopa valahiyê ya mezin bi navê wî hat naskirin, bû alîkar di tekezkirina teoriya Hapil de.



- Xweşiktirîn wêneyên ku teleskopa Hapil girtiye, ewra sere hespê yê ku di teleskopê de di komika çarçoveya Cebar de derketiye, ew her sê stêrkên ku bi çavan tê dîtin li ser heman rastekê ne.

## Çalên reş:

Bi zêdebûna senga gewdeyê, hêza kêşana wê zêde dibe û bi kêmbûna dûrahiyê ji gewdeyê jî zêde dibe.

Zagona Newton a cîhanî ya ku vî tiştî şîrove bike çi ye?

Çawa wê hêza kêşanê bê dawî be?

Li gorîzagonên Newton, leza berdanê ji wê kêşanê çi qas e?

## Bi bîr bînin:

- Hêza hevkêşana sengî di navbera du gewdeyan de, bi sengên wan re, di nava rêjedariyeke rast de ye û bi dama dûrahiya di navbera wan de di nava rêjedariyeke vajî de ye, her wiha li gorî zagonên Newton dema ku dûrahiya di navbera her du sengan de diçe sifir, hêz dibe bê dawî.
- Heger hûn li ser ruyê erdê bin û bixwazin gewdeyekê ber bi jor ve biavêjin ji bo ji kêşana erdê were berdan û biçe valahiyê, divê enerjiyeke tevgerî ji enerjiya wê a kêşan mezintir, bistîne:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}v^2 = F_c \,.\, r$$

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}v^2 = G\,\frac{\mathrm{m.M}}{r^2}\,.\, r$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,G.\mathrm{M}}{r}}$$

$\boldsymbol{v}$: Leza berdanê ji erdê ye (leza gerdûnî ya duyem)

$\boldsymbol{r}$: Nîveşkêla erdê ye.

$\boldsymbol{G}$: Xweciha hevkêşana cîhanî.

**m:** Senga erdê (gewdeya kêşanê)

- Yekemîn leza gerdûnî, leza çerxî ye, ya ku dihêle gewde di hundirê çerxekê de li derdora gewdeyê kişîner, bizivire.

**Rahênaneke çarekirî:**

Heger dirêjahiya nîveşkêla erdê $\mathbf{6400}\ \boldsymbol{km}$ be û lezîna kêşana erdî li ser ruyê erdê $\mathbf{10}\ \boldsymbol{m/s^2}$ be, duyemîn leza gerdûnî ji erdê re bibînin.

**Çare:**

Hêza kêşana erdê ji gewdeyê tê wateya giraniya wê:

$$F_c = W$$

$$G\ \frac{\mathrm{m.M}}{r^2} = \mathrm{m.g}$$

$$\mathrm{g} = G\ \frac{\mathrm{M}}{r^2}$$

$$r.\mathrm{g} = G\ \frac{\mathrm{M}}{r}$$

Leza berdanê (duyemîn leza gerdûnî) wiha dibe:

$$v = \sqrt{\frac{2\ G.\mathrm{M}}{r}}$$

$$v = \sqrt{2\ r.\mathrm{g}}$$

$$v = \sqrt{2\ \times 6400 \times 1000 \times 10} = 11.3 \times 10^6\ \ m/s$$

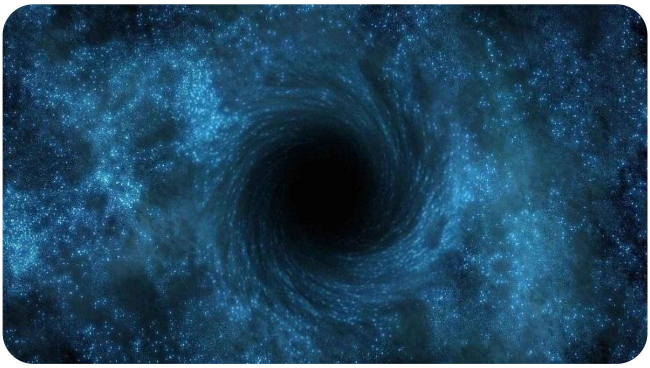
## Pirs:

- Gelo heger dirêjahiya nîveşkêla erdê (gewdeya kişîner) biçûk bû, dê çawa bibe?
- Dê çi bibe ji leza gewdeya hatî kişandin ji bo karibe xwe berde?
- Lê sînor ji leza gewdeyê re hene, çi ne?
- Dirêjahiya nîveşkêla gewdeya kişîner çi qas e?
- Çi qasî dirêjahiya nîveşkêla gewdeya kişîner kêm bibe û tîrbûna wê zêde bibe, leza berdanê ya pêwîst ji bo ji ruyê wê azad bibe, zêde dibe.
- Ji ber ku leza tu gewdeyê nikare zêdeyî leza şewqê di valahiyê de biçe, bes e ku dirêjahiya nîveşkêla gewdeya kişîner bi vî awayî be:

$$c = \sqrt{\frac{2\,G.\mathrm{M}}{r}} \Rightarrow r = \frac{2\,G.\mathrm{M}}{c^2}$$

Ji bo tu gewde nikaribe xwe jê berde, şewq jî, wê demê bi navê çala reş tê naskirin.
Nîveşkêla ku têkiliya bûrî pêk tîne, bi navê nîveşkêla Şivarizşêld tê naskirin.
Sînorên ku piştî wê ji kêşanê nayê berdan, bi navê asoya bûyerê tê naskirin.

**Çalên reş:**



Navbereke ku tîrbûna wê pir mezin e li gorî ku tiştek nikare ji kêşana wê xwe berde, tevlî şewqê jî.
Hêza wê ya kêşanê pir mezin e li gorî ku tiştek nikare ji kêşana wê xwe berde, tevlî tîrêja şewqê jî, ji ber vê yekê ev herêm di valahiyê de ne ber çavan e û ew ji stêrkên ku hatin berdan.

**Bihizirin:**

Çawa çala reş dikare şewqê bikşîne? Ji şewqê re seng heye?

**Bi bîr bînin:**

Hemberiya enerjiyê – di rêjeyiya taybet de seng e, ji şewqê re sengeke rawestiyî tune ye, lê enerjiyeke wê heye hemberî sengeke bi vê têkiliyê ye:

$$E = \mathrm{m}.c^2$$

### Çavdêriya çalên reş:

Çawa çalên reş çavdêr dibin li gorî ku nayê dîtin, her wiha şewqê dixwe?

1. **Reftara gewdeyên li rex çalên reş:** Heger hûn texmîn bikin ku kesek di odeyeke tam reş de ye û tu alavên şevê bi we re tune ye, gelo çawa hûn hebûna wî tekez bikin û cihê wî nîşan bikin?

   Reftara tiştên derdorê dibe ku nîşanî we bike, weke tevgera derî û dengê wê yan tevgera perdeyan yan jî tevgereke ne naskirî di odeyê de.

   Bi riya lêkolîna tevgerên ne texmînkirî ji stêrk an toz an jî gazên li derdora cihên ne berçavan, ev tiştên ku zanyar di çavdêriya çalên reş de li ser sekinîn.

2. **Vejîna tîrî**: Stêrkên li rex û gewdeyên din li derdora çala reş dizivirin û pileya germahiya van gewdeyan milyonên pileyên sediyî bilind dibe û zêdebûn di pileya germahiyê de berdewam dike û leza zivirandina wê zêde dibe û tîrêjên $\boldsymbol{X-ray}$ jê derdikeve.

   Çavdêriya van tîrêjan bi riya çavdêrên tîrêjên sînî çêdibe.

3. **Bandoriya hûrbîna kêşanê:** Li gorî troriya rêjeyiya giştî, kêşan di valahiyê de xwariyekî çêdike, her wiha şewqa stêrk an jî galaksiyên di ber çala reş re diçin, xwar dibin, ji ber vê yekî tê xuyakirin li gorî teleskopên erdî ku ew stêrk an jî galaksî ne di cihê xwe de ne. Ev diyarde bi navê hûrbîna kêşanê tê naskirin **(gravitational lensing)**.

## Ronîkirin

Di $\mathbf{10}$ Cotana sala $\mathbf{2019}$ de, yekem wêneyeke rasteqînî, fermî hat ragihandin.

Ev wêneya çaleke reş bi sengeke gelekî mezin e li gorî ku senga wê $\mathbf{6.5}$ milyar du qatê senga rokê ye û di navenda galaksiya $\mathbf{M87}$ de ye, ku bi qasî $\mathbf{50 \times 10^6}$ $\boldsymbol{Ly}$ dûrî erdê ye.

Piraniya texmînan li ser pêşinarkiriya din a ji hêla teleskopa asoya bûyerê ve, sekinîn, ew jî çala reş e ya di navenda galaksiya me (kadiz) de ye û bi navê Sagittarius A tê naskirin, bi qasî $\mathbf{26000}$ $\boldsymbol{Ly}$ dûrî erdê ye.

Zehmetiya wênegirtina çala reş a mezin a bi galaksiya $\mathbf{M87}$ taybet, ji vê durahiyê ve, weke zehmetiya wênegirtina parçeyek kevir li ser ruyê heyvê ye

# PIRSÊN NIRXANDINÊ

**1- Bersiva rast hilbijêrin:**

**1.** Di dema jiyana stêrkeke ku rêjeya hîdrojenê tê de tê guherîn, dema bûyîna wê 70 % bû, piştre jiyana wê bi bûyereke astromînîkal bi nave supernavo, bi dawî bû li gorî ku rêjeya hîdrojenê tê de:

**a)** 69 %

**b)** Zêdeyî 70 %

**c)** Kêmî 70 %

**d)** Dibe ku zêde yan jî kêmî 70 % be.

**2.** Heger galaksiya Andromeda ya nêzîktirîn ji galaksiya kadiz re, dijberî piraniya galaksiyên din, nêzî galaksiya me bibe, wê demê şevebenga li jêr ji galaksiya Andromeda li gorî me:

**a)** Ber bi sor ve ladibire.

**b)** Ber bi şîn ve ladibire.

**c)** Nayê guherîn.

**d)** Dirêjahiya pêla wê zêde dibe.

**3.** Xweciha Hapil, navîniya guherîna:

**a)** Leza dirêjbûna gerdûnê bi demê re ye.

**b)** Leza dirêjbûna gerdûnê bi dirêjahiyê re ye.

**c)** Dirêjahiya di navbera galaksiyan de bi demê re ye.

**d)** Lezîna dirêjbûna gerdûnê bi dirêjahiyê re ye.

**4.** Dûrahiya galaksiya $\boldsymbol{a}$ ji me deh qatên dûrahiya galaksiya $b$ ye, rêjeya leza galaksiya $\boldsymbol{b}$ li leza galaksiya $a$:

**a)** 10 **b)** 1 **c)** 0.1 **d)** 0.01

**5.** Çalên reş:

**a)** xwedî sengeke gelekî mezin e.
**b)** xwedî tîrbûneke gelekî mezin e.
**c)** xwedî qebareyeke gelekî mezin e.
**d)** xwedî nîveşkêleke pir mezin e.

**2- Van girêftariyan çare bikin:**

**1.** Heger erd hat hev heta ku bû kuneke reş, divê dirêjahiya nîveşkêla wê çi qas be?
Dirêjahiya nîveşkêla erdê di dema niha de $\mathbf{6400}\ \boldsymbol{km}$ ye û lezîna kêşana erdî li cem ruyê wê di dema niha de $\mathbf{10}\ \boldsymbol{m/s^2}$ e, gelo heger senga erdê li derdora navenda wê kom bû, dê erd heyvê bixwe? Li gorî we gelo çima?
(Di rastiyê de, Cirmên ku jiyana wan bi dawî dibe kuneke reş, ew bixwe stêrkên ku senga wan zêdeyî deh qatên senga roka me ye.)

**2.** Rêjeya labirina dirêjahiya pêlî li dirêjahiya resen a galaksiyeke bi qasî $932 \times 10^6\ Ly$ dûrî me, bibînin.
Heger dirêjahiya pêlê ya resen $500\ nm$ be, dirêjahiya pêlê piştî labirinê, bibînin.
Xweciha Hapil: $H_0 = 68\frac{km}{s}.\mathrm{Mpc}$
pasêka astromînîkal: $\mathrm{pc} = 3.26\ Ly$

Leza şewqê: $c = 3 \times 10^8\ m/s$

# Belavkirina Waneyan Li Ser Sala Xwendinê

| Heftî / Heyv | Heftiya Yekem | Heftiya Duyem | Heftiya Sêyem | Heftiya Çarem |
|---|---|---|---|---|
| Rezber | | | Tevgera ahengdar | Tevgera ahengdar |
| Cotmeh | Tevgera ahengdar | Tevgera ahengdar | Lerizînên sayinî | Lerizînên sayinî |
| Mijdar | Lerizînên sayinî | Lerizînên neahengdar | Lerizînên neaheng | Lerizînên neaheng |
| Berfanbar | Mîkanîka ronan | Mîkanîka ronan | Rêjeya taybet | Rêjeya taybet |
| Rêbendan | Lêveger | Nirxandin | Bêhinvedan | Bêhinvedan |
| Reşemeh | A.elektro megnetîzî | A.elektro megnetîzî | A.elektro megnetîzî | Herikîna guhêrbar |
| Avdar | Herikîna guhêrbar | Herikîna guhêrbar | Guhêreka elektrîkê | Guhêreka elektrîkê |
| Cotan | Guhêreka elektrîkê | Astrofîzîk | Astrofîzîk | Astrofîzîk |
| Gulan | Lêveger | Nirxandin | | |